*Postverlagsort Leipzig*

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT, BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE, BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN, GÖTTINGEN · H. v. FICKER, WIEN · R. GRAMMEL, STUTTGART
O. HAHN, BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN, BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL, UTRECHT · A. KÜHN, BERLIN-DAHLEM · M. v. LAUE, BERLIN · E. v. d. PAHLEN, POTSDAM
F. SAUERBRUCH, BERLIN · H. STILLE, BERLIN · F. v. WETTSTEIN, BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

SPRINGER-VERLAG IN BERLIN W 9

HEFT 47 (SEITE 697—712) · 21. NOVEMBER 1941 · 29. JAHRGANG

INHALT:

Heinrich von Ficker zu seinem 60. Geburtstage am 22. November 1941. Von HANS ERTEL. (Mit einem Bildnis) . . . . . 697

Der Elektrizitätshaushalt der Erdatmosphäre. Von H. ISRAËL. (Mit 8 Figuren) . . . . . 700

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN:

Zur Berechnung von Oberflächenenergien fester und flüssiger Stoffe. Von R. HAUL . . . . 706

Systematische röntgenographische Untersuchungen an polymerhomologen Reihen von Cellulosefasern. Von E. PLÖTZE . . . . . 707

Über die Bildung von Lävulinsäure aus Kohlehydraten. Von TH. PLOETZ . . . . . 707

Zur Kenntnis des Mechanismus der Wärmepolymerisation des Styrols. Von JOHANN WOLFGANG BREITENBACH. (Mit 1 Figur) . . 708

*Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses siehe III. Umschlagseite!*

**Julius Robert Mayer's**

# Kausalbegriff

Seine geschichtliche Stellung, Auswirkung und Bedeutung

Von

**Alwin Mittasch**

VII, 297 Seiten. 1940

RM 14.70; Ganzleinen RM 16.80

Inhaltsübersicht:

Einleitung. — **Allgemeines über das Kausalprinzip und seine Gestaltung in der Wissenschaft:** Inhalt und Sinn des allgemeinen Kausalprinzips, von dem die speziellen naturwissenschaftlichen Kausalbegriffe abgeleitet sind. Entwicklung des physikalischen Kausalschemas bis R. Mayer. — **Weiterführung des naturwissenschaftlichen Kausalbegriffes durch R. Mayer.** R. Mayers Erhaltungskausalität: Gleichsetzung des generellen physikalischen Erhaltungsprinzips mit dem Begriff physikalischer Kausalität. R. Mayers Auslösungs- oder Anstoßkausalität: „Auslösung" als eine besondere Form kausalen Wirkens. Besondere Kausalbegriffe und Kausalauffassungen von R. Mayer. — **Auswirkung und Weiterbildung von R. Mayers Kausalanschauung:** Fortentwicklung der energetischen „Erhaltungskausalität". Weiterentwicklung von R. Mayers Auslösungskausalität. — **Beziehungen des gegenwärtigen Kausaldenkens zu R. Mayers Kausalanschauung:** Heutiger Stand der Erhaltungskausalität (E.K.) und der Auslösungs- oder Anstoßkausalität (A.K.). — Ausklang. — Anmerkungen. — R. Mayers Veröffentlichungen. — Buch- und Zeitschriftenliteratur. — Forscher-Zeittafel — Namenverzeichnis.

Im Jahre 1942 wird ein Jahrhundert verflossen sein, seit Julius Robert Mayer in Heilbronn seinen berühmten Aufsatz „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur" veröffentlicht hat, der zusammen mit weiteren Schriften das Gesetz von der Unzerstörlichkeit der Kraft (Erhaltung der Energie) begründete und dem naturwissenschaftlichen Denken neue Bahnen eröffnete. Der Verfasser des vorliegenden Buches hat sich die Aufgabe gestellt, dem Genius R. Mayers in der Weise zu huldigen, daß der allgemeine erkenntnistheoretische Gehalt seiner Arbeiten zur Geltung gebracht wird. Zur Darstellung gelangt R. Mayers Lehre über das Wirken in der Natur, und zwar historisch und systematisch, also nach Entstehung, Artung und Auswirkung, wobei sich auch wichtige weltanschauliche Aspekte ergeben.

SPRINGER – VERLAG · BERLIN

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

29. Jahrgang | 21. November 1941 | Heft 47

## Heinrich von Ficker

**zu seinem 60. Geburtstage am 22. November 1941.**

Von Hans Ertel, Berlin.

Wenn die Meteorologie heute imstande ist, das Problem der Wettervorhersage weitaus erfolgreicher in Angriff zu nehmen, als es vor einigen Dezennien der Fall war, so liegen hierfür verschiedene Gründe vor: Einerseits ergibt sich durch die Verdichtung der meteorologischen Beobachtungsnetze in Verbindung mit den Fortschritten der Nachrichtentechnik zunächst die Möglichkeit einer besseren *Diagnose* der jeweiligen Wetterlage eines größeren Gebiets der Erdoberfläche, welche die Grundlage für die Prognose der zu erwartenden Wetterentwicklung liefert. Allein diese in erster Linie der Diagnose dienenden *technischen Fortschritte* könnten für die Verbesserung der *Wetterprognose* nicht nutzbar gemacht werden, wenn nicht die Meteorologie auch inzwischen durch einen tieferen Einblick in die *Dynamik* der Wetterentwicklung, die dabei mitwirkenden Faktoren und die Gesetzmäßigkeiten ihres Zusammenwirkens Erkenntnisse von großer Tragweite gewonnen hätte.

Den einschlägigen grundlegenden Arbeiten H. von Fickers zur atmosphärischen Dynamik ist es zu verdanken, daß an dieser Erforschung der wissenschaftlichen Grundlagen der Wettervorhersage die deutsche Meteorologie stärksten Anteil hat.

Heinrich von Ficker wurde am 22. November 1881 in München als Sohn des Innsbrucker Historikers und Juristen Julius von Ficker geboren. Von Jugend an mit einer tiefen Liebe zur Natur und der süddeutschen und tiroler Bergwelt beseelt, bezog H. v. Ficker im Jahre 1902 die Universität Innsbruck, um Geologie zu studieren, in demselben Jahr, in welchem von Teisserenc de Bort und Assmann die Stratosphäre entdeckt wurde, die in v. Fickers wissenschaftlichen Arbeiten später eine so wichtige Rolle spielen sollte. Als Meteorologe wirkte zu jener Zeit in Innsbruck Wilhelm Trabert, als Forscher wie als Lehrer sich größter Wertschätzung erfreuend, dessen unvergleichliches pädagogisches Talent den jungen v. Ficker für die Meteorologie zu begeistern verstand, so daß er dieselbe als Studienfach wählte.

Nach weiterem Studium in Wien promovierte v. Ficker im Jahre 1906 bei Trabert in Innsbruck und arbeitete anschließend als Assistent an der unter Pernters Leitung stehenden „Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik" in Wien. Es war dieses die goldene Zeit der österreichischen Meteorologie, in der Wien zugleich unzweifelhaft das Zentrum der europäischen Meteorologie war; die Zentralanstalt zählte u. a. F. M. Exner, M. Margules, A. Defant und Wilh. Schmidt zu ihren Mitarbeitern, während gleichzeitig, unbeschwert von amtlichen Verpflichtungen, der Altmeister der österreichischen Meteorologie, Julius von Hann, mit der ihm eigenen, nie ermüdenden Arbeitskraft weiterwirkte.

Hier in Wien arbeitete v. Ficker an der Zentralanstalt auch in der Wetterdienstabteilung und empfing dabei Anregungen, die sich für seine spätere wissenschaftliche Entwicklung höchst fruchtbar auswirkten. In Übereinstimmung mit F. M. Exner, der die Wettervorhersage aber möglichst durch die Methoden der klassischen theoretischen Physik gestützt wissen wollte, war sich v. Ficker zu jener Zeit bereits vollkommen über die Notwendigkeit klar, die *Wettervorhersage als einen integrierenden Bestandteil der meteorologischen Gesamtwissenschaft* aufzufassen, ganz im Gegensatz

zu MARGULES, welcher die Beschäftigung mit der Wettervorhersage als „unmoralisch und charakterschädigend für einen Meteorologen" ablehnte und somit noch den Standpunkt WILH. v. BEZOLDS einnahm, daß die Forderung einer streng physikalischen Begründung der Wettervorhersage als eine unbillige Zumutung nachdrücklichst abgelehnt werden müsse.

Nachdem dann v. FICKER anschließend noch in Innsbruck als Assistent gewirkt und sich dort im Jahre 1909 als Privatdozent niedergelassen hatte, erhielt er 1911 eine Berufung als a. o. Professor für Physik der Erde nach Graz. Er unternahm um jene Zeit zahlreiche wissenschaftliche Ballonfahrten, durch die u. a. der Verlauf der Stromlinien über den Alpen bei südlichen Luftströmungen erforscht wurde, und führte 1913 eine Expedition in das Pamirgebiet durch; als Student hatte er 1903 bereits den Kaukasus bereist. Die Ballonfahrten dienten zugleich der Vertiefung seiner früheren, bis in die Studienzeit zurückreichenden Untersuchungen über den Mechanismus der Föhnerscheinungen, speziell über die Rolle, die der kalten Luft dabei zukommt, und anschließend daran gab ihm seine frühere großangelegte Arbeit über den Transport kalter Luftmassen über die Zentralalpen (1906) Veranlassung zu einer erweiterten systematischen Untersuchung der Ausbreitung von Kaltluftmassen nach ihrem Ausbruch aus dem Polarbecken durch Rußland und Sibirien. Indem es sich hierbei erwies, daß die mit diesen „Kältewellen" gekoppelten „Wärmewellen" den gleichen Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich ihrer Ausbreitung unterworfen sind, gelangte dank der v. FICKERschen Arbeiten die österreichische Meteorologenschule bereits 1911 zu einem sich auf ein umfangreiches Beobachtungsmaterial stützendes Modell einer niedrigen Depression mit dazugehörigem Strömungssystem, das bereits die wesentlichsten Züge des fast ein Dezennium später aufkommenden BJERKNESschen Zyklonenschemas vorwegnahm. V. BJERKNES, der die diesbezüglichen Arbeiten v. FICKERS etwa in den Jahren 1913 bis 1914 zur Zeit seines erfolgreichen Wirkens am Geophysikalischen Institut in Leipzig kennenlernte, hat später (1933) die Priorität v. FICKERS durch folgende Ausführungen anerkannt: „Unser Aufsehen erregten damals die von v. FICKER in ‚Die Ausbreitung kalter Luft in Rußland und Nordasien', Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien. **119**, (1910), gezeichneten ‚Polarfronten', wie wir sie jetzt nennen würden. Gegenüber der Fülle der täglichen Wetterkarten, die alle auf Kontinuität hinzudeuten schienen, vermochten wir aber selbst in diesen Zeichen der Diskontinuität nur interessante Ausnahmeerscheinungen zu sehen, und machten keinen Versuch, diese wichtige Spur weiter zu verfolgen" (Physikalische Hydrodynamik S. 783f). Sicherlich hätte sich das Zyklonenmodell der österreichischen Schule bald internationaler Anerkennung erfreut, zumal sich Untersuchungen amerikanischer Meteorologen (F. BIGELOW) in einer ähnlichen Richtung bewegt hatten und dazu die Theorie stationärer Diskontinuitäten bereits von v. HELMHOLTZ und MARGULES ausgearbeitet vorlag, wenn nicht bald darauf der Weltkrieg ausgebrochen wäre.

Bei der Belagerung von Przemysl durch die Russen geriet H. v. FICKER am Anfang des Jahres 1915 in russische Kriegsgefangenschaft, kam zunächst nach Turkestan, erhielt dann aber zusammen mit anderen kriegsgefangenen Hochschullehrern durch die Vermittlung Seiner Kgl. Hoheit des Prinzen KARL VON SCHWEDEN die Möglichkeit, sich am Meteorologischen Institut der Universität Kasan (Leiter: Prof. DR. V. A. ULJANIN) zu beschäftigen. Hier führten ihn Untersuchungen über die interdiurne Veränderlichkeit des Luftdrucks und der Temperatur in Rußland zwischen dem Eismeer und 37° Nordbreite, die er nach Rückkehr aus der Kriegsgefangenschaft (1918) in Graz fortsetzte, zu der grundlegenden Erkenntnis, *daß die barometrischen Luftdruckgebilde sich aus zwei miteinander gekoppelten Systemen von Druckänderungen zusammensetzen*, aus einer *unteren* Druckschwankung, die sich aus dem Wechsel verschieden temperierter Luftmassen in der unteren Troposphäre (etwa 0—5 km Höhe) erklärt, und einer *oberen* Druckschwankung, die auf entsprechende Luftmassenwechsel der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre (etwa 8—15 km Höhe) zurückgeht; *die verschiedenen Entwicklungsstadien einer Depression erklären sich durch die wechselnden Phasendifferenzen zwischen der unteren und der oberen Druckschwankung*, eine Auffassung die später von A. DEFANT auch theoretisch begründet wurde. Diesen Erkenntnissen v. FICKERS über die „zusammengesetzten Depressionen" ließen sich zwanglos die inzwischen von österreichischen (SCHEDLER) und englischen Meteorologen (SHAW, DINES) auf Grund aerologischen Materials ermittelten Resultate über die Änderungen der Luftdruck- und Temperaturschwankungen mit der Höhe und die dabei auftretenden Korrelationen einpassen.

H. v. FICKER baute seine Ergebnisse über die zusammengesetzten Depressionen in mehreren rasch hintereinander erschienenen Arbeiten in den Jahren 1920—1923 weiter aus und war darin vor allem bestrebt, die sich dabei durch die Berücksichtigung der stratosphärischen Druckänderungen für die *Verbesserung von Wettervorhersagen* ergebenden Konsequenzen deutlich herauszuarbeiten. Es gelang ihm nicht nur, zwei synoptisch wichtige Arten von Depressionen (sog. *Genua-* und *Skagerrak*-Zyklonen) auf einfache Weise durch das Zusammenwirken oberer und unterer Druckschwankungen zu erklären, sondern er konnte auch zur Verbesserung der Prognosen sechs Wetterregeln ableiten, mit denen sich, wie die Erfahrung gelehrt hat, in der Praxis gut arbeiten läßt (W. GEORGII). *Die eine dieser Regeln stellt überhaupt die sicherste der zur Zeit bekannten Wetterregeln dar*, sie lautet: *Wenn das Barometer an Bergstationen und in der Niederung steigt, und*

*wenn es gleichzeitig wärmer wird, so kommt schönes Wetter bzw. schon bestehendes Schönwetter ist noch von Bestand.*

Nach H. v. FICKERS Lehre ist für den Prognostiker die Feststellung von größter Wichtigkeit, ob ein Druckanstieg auf troposphärische oder auf stratosphärische Ursachen zurückgeht, und hierüber gibt der Vergleich zwischen dem Luftdruckgang in der Niederung und auf Bergstationen Aufschluß. Die oben genannte Wetterregel erklärt sich dann durch den Umstand, daß bei *stratosphärisch* bedingtem Druckanstieg in der Troposphäre überwiegend *abwärts* gerichtete vertikale Bewegungskomponenten auftreten, die wolkenauflösend wirken bzw. die Wolkenbildung verhindern, abgesehen von der auf die tägliche Konvektion zurückgehenden „Schönwetterbewölkung", „während z. B. die ebenfalls oft sehr bedeutenden Drucksteigerungen, die durch niedrig-troposphärische Kälteeinbrüche verursacht werden, von Schlechtwetter begleitet sind, sehr zum Erstaunen jener, die ihre Wettervoraussagen auf das Steigen und Fallen des Barometers gründen" (H. v. FICKER). In der Sprache einer „populären Meteorologie" könnte man also v. FICKER als den Meteorologen bezeichnen, der u. a. nachwies, *warum* die handelsübliche Beschriftung der Barometer unzutreffend ist und zu Fehlprognosen führen muß, weil nämlich *die gleiche Luftdruckänderung durch verschiedene Ursachen, die auch verschieden wetterwirksam sind, zustandekommen kann.*

Diese Wetterwirksamkeit stratosphärischer Druckschwankungen leugnete die um 1920 von der norwegischen Schule (V. BJERKNES und Mitarbeiter) entwickelte Polarfronttheorie zunächst völlig, während v. FICKER selbst, der inzwischen 1923 als Nachfolger von G. HELLMANN auf den Berliner Lehrstuhl für Meteorologie berufen worden war und damit zugleich die Leitung des Preußischen Meteorologischen Instituts übernommen hatte, immer neue Belege für die Richtigkeit der von ihm vertretenen Auffassungen beibringen konnte, z. B. den Nachweis der Aktivierung stationärer Fronten durch stratosphärisch bedingte Druckänderungen. Freunde und Schüler führten jetzt die Gedankengänge v. FICKERS teils synoptisch, teils theoretisch weiter aus; die „österreichische Schule" erweiterte sich zur „deutschen und österreichischen Schule", aber noch immer lehnte die norwegische Schule den Einfluß einer stratosphärischen Wetterbeeinflussung ab, sich dabei z. B. auf Argumente folgender Art stützend: Die kinetische Energie und das Solenoidfeld der Stratosphäre sind zu schwach und ihr Wasserdampfgehalt ist zu gering. Man übersah gern auf norwegischer Seite, daß die Stratosphäre ja als *Regulations- bzw. Steuerungsmechanismus* bereits wetterwirksam sein kann, wobei sich die thermodynamischen Prozesse als eigentliche Wettervorgänge natürlich in den wasserdampfreichen unteren Troposphärenschichten abspielen; außerdem ist die kinetische Energie der Stratosphäre durchaus nicht gering, beobachtet man doch an der Stratosphärenbasis im Mittel die größten Windgeschwindigkeiten, und das Solenoidfeld ist am kräftigsten in der Gegend der subtropischen Stratosphäre. Zum Teil mag sich aber auch der Widerstand der norwegischen Schule gegen die Akzeptierung der v. FICKERschen Resultate durch die in der Tat nicht zweckmäßige Nomenklatur v. FICKERS erklären, indem er ursprünglich die obere stratosphärische Druckschwankung als „primäre Welle", die untere (troposphärische) Druckschwankung als „sekundäre Welle" bezeichnete. Obgleich v. FICKER bei der Einführung dieser Nomenklatur sogleich betonte, daß die Bezeichnungsweise nicht auf das genetische Verhältnis beider Druckanteile Bezug nehmen solle, lag doch später beim Operieren mit diesen Begriffen immer wieder die Versuchung nahe, zugleich auch das durch die Nomenklatur angedeutete genetische Verhältnis hineinzulesen. H. v. FICKER hat deshalb auch in seinen späteren Arbeiten die Bezeichnungsweise „obere (hohe) und untere (niedrige) Druckschwankungen" bevorzugt.

Aber seit einigen Jahren hat sich *ein Wechsel in den Anschauungen der norwegischen Schule im Sinne einer weitgehenden Angleichung an die* v. FICKER*sche Auffassung vollzogen*, offensichtlich bedingt durch die Fortschritte der Aerologie, denen sich die ursprüngliche und zu enge Fassung der Polarfronttheorie nicht mehr anpassen ließ. Die „Physikalische Hydrodynamik" (1933), das Standardwerk der norwegischen Schule, läßt in dem Kapitel „Theorie der Koppelung der Polarfront- und Tropopausenwellen" diese Angleichung unter ausdrücklicher Würdigung der v. FICKERschen Leistungen klar erkennen, und so darf denn der Jubilar an seinem 60. Geburtstage sich des Gefühls erfreuen, daß seine Lehren ohne Einschränkungen auf fruchtbaren Boden gefallen sind. Die weitere Forschung wird u. a. zwar das Problem des *genetischen Zusammenhangs* der oberen und unteren Druckschwankungen noch seiner Lösung zuzuführen haben, aber wie immer auch hier die Antwort ausfallen mag: *Mit der Erkenntnis der Notwendigkeit einer Mitberücksichtigung der Stratosphäre an der Wetterentwicklung wird der Name* H. v. FICKERS *immer verknüpft bleiben.*

Hinsichtlich seiner Forschungsmethodik muß H. v. FICKER als typischer Repräsentant eines *induktiv arbeitenden Dynamikers* angesehen werden, der seine Resultate *„mit dem scharfen, durch Formelkram unbeirrbaren, bei allen Dingen auf den Grund spähenden Blick des Forschers"* gewann, durch welche Worte ein Theoretiker vom Range MAX PLANCKS der Arbeitsweise v. FICKERS bei dessen Aufnahme in die Berliner Akademie 1927 höchstes Lob zollte. Und die kristallene Klarheit seines Denkens brachten in Verbindung mit seinem außerordentlichen pädagogischen Geschick und seiner eindrucksvollen Persönlichkeit jene faszinierende Wirkung hervor, die den Hörern seiner Vorlesungen, seiner formvollendeten Kol-

loquiums- und Akademievorträge unvergeßlich bleiben wird. Nimmt man hinzu, daß v. FICKER über alle schätzenswerten Eigenschaften (und nur diese!) eines Diplomaten klassischer Prägung verfügt, so kann es nicht wundernehmen, daß sich seine Person auf internationalen Tagungen und Kongressen, an denen er als Mitglied des Internationalen Meteorologischen Komitees, der Commission du Réseau mondial et de Météorologie polaire und als Präsident der Internationalen Klimatologischen Kommission teilnahm, höchster Wertschätzung erfreute.

Wie alle großen Forscher, ist v. FICKER ein Meister in der Kunst der populären Darstellung der schwierigsten wissenschaftlichen Fragen seines Fachgebietes, und seine diesbezügliche Fähigkeit ist so bekannt gewesen, daß ein Referent seines populären, in der Sammlung „Verständliche Wissenschaft" erschienenen Büchleins „Wetter und Wetterentwicklung" von vornherein dieser Schrift eine weite Verbreitung voraussagen konnte „mit einer Sicherheit, die die der Wettervoraussagen wesentlich übertrifft" (M. BODENSTEIN).

Als im Jahre 1934 der gewaltige Aufbau des deutschen Reichswetterdienstes eingeleitet wurde, unter Auflösung der meteorologischen Institute der Länder, darunter auch des Preußischen Meteorologischen Instituts, wurde H. v. FICKER Direktor des neugegründeten Meteorologischen Instituts der Universität Berlin. Durch v. FICKERS organisatorische Fähigkeit, die er vielfach z. B. bei der Organisation großer wissenschaftlicher Expeditionen (Alai-Pamir-Expedition 1928) bewiesen hatte, war dank der Unterstützung der beteiligten Ministerien in Verbindung mit dem verständnisvollen Entgegenkommen des Reichswetterdienstes das neue Institut in kürzester Zeit funktionsfähig. Unbeschwert von administrativer Belastung konnte v. FICKER hier in den folgenden Jahren wichtige *Untersuchungen über den Passat* veröffentlichen, durch die unsere bisherigen Anschauungen über dieses Strömungssystem völlig umgestaltet wurden, bis er im Jahre 1937 als Nachfolger WILH. SCHMIDTS einem Rufe als Direktor der Wiener Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik folgte. Auf dem Gipfelpunkt eines erfolgreichen Schaffens an die Stätte seiner ersten wissenschaftlichen Betätigung zurückgekehrt, steht er hier vor einer neuen, dankenswerten organisatorischen Aufgabe: Der Umwandlung der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in ein meteorologisches Forschungsinstitut. Der Ruf H. v. FICKERS, seines Organisators, bietet die Gewähr dafür, daß das neue Institut unermüdlich und erfolgreich zur Weltgeltung deutscher Wissenschaft beitragen wird, und wir knüpfen hieran die Hoffnung, daß es dem Jubilar noch lange Jahre vergönnt sein möge, den Aufstieg seines Werkes zu erleben und befruchtend zu leiten.

## Der Elektrizitätshaushalt der Erdatmosphäre[1]).

Von H. ISRAËL, Potsdam.

Denken wir uns einen mit geeignetem Instrumentarium ausgerüsteten Beobachter, der in der Lage sein soll, sich von der Erdoberfläche aus frei in der Atmosphäre zu bewegen und dabei deren elektrische Eigenschaften exakt zu messen, so würde dieser zu folgenden Feststellungen kommen:

Unmittelbar am Boden findet er ein nach oben positives elektrisches Feld von 200—300 Volt/m Stärke. Die Feldstärke nimmt mit der Höhe ab: in etwa 1—2 km Höhe sinkt sie auf die Hälfte, in etwa 6—7 km auf $^1/_{10}$ ihres bodennahen Wertes, um mit zunehmender Höhe in der Nähe der Ionosphäre schließlich unmeßbar klein zu werden. Da die Feldstärke einer geladenen Kugel nach außen proportional $^1/r^2$ abnimmt, kann das Erdfeld nicht von einer Oberflächenladung der Erde allein herrühren; es müssen in der Atmosphäre weitere Ladungen vorhanden sein, für die nach den bisherigen Meßergebnissen kugelsymmetrische Verteilung anzunehmen ist. Da die Atmosphäre infolge ihres Gehaltes an positiven und negativen „Luftionen" überall eine gewisse Leitfähigkeit besitzt, sind Messungen des Stromes in verschiedenen Höhen ein geeignetes Mittel zur Auffindung der für den Feldbestand wesentlichen Ladungen:

In Fig. 1a und b sind die Potentialdifferenzen zwischen dem Erdboden und verschiedenen Höhen und die Feldstärkenabnahme mit der Höhe dargestellt. Nach der letzteren errechnet man mittels der POISSONschen Gleichung eine Raumladungsverteilung der in Fig. 1c dargestellten Art. Fig. 1d zeigt das Produkt aus Feldstärke und Leitfähigkeit in der freien Atmosphäre nach Messungen bei 2 Ballonfahrten (3). Wäre das elektrische Feld der Oberflächenladung der Erde durch das der Raumladungen kompensiert, so müßte der Strom mit der Höhe ähnlich abnehmen wie die Raumladungskonzentration. Dies ist nicht der Fall; Fig. 1d läßt zwar eine Stromabnahme mit der Höhe erkennen, doch sind Messungszahl und Meßgenauigkeit zu gering, um dies als sicher entschieden ansehen zu können. Es liegt näher, Stromkonstanz mit der Höhe anzunehmen und die Stromquelle in höheren Schichten — etwa der Ionosphäre — zu suchen.

Diese Befunde über Feld, Leitfähigkeit und Strom führen zu folgenden Schlußfolgerungen:

1. Die Lufthülle der Erde ist das Innere eines Kugelkondensators, dessen Belegungen einerseits die Erdoberfläche, andererseits das besonders stark leitende Ionensphärengebiet sind.

2. Das Gesamtfeld zwischen diesen beiden Belegungen beträgt rund 250—300 kV; sein Verlauf

[1]) Aus dem Meteorologischen Observatorium Potsdam des Reichsamts für Wetterdienst.

wird bestimmt durch eine mit der Höhe zunehmende Leitfähigkeit, die ihre Ursache in der ionisierenden Wirkung der aus dem Kosmos kommenden Wellen- und Korpuskularstrahlung hat.

3. *Die Tatsache, daß in diesem Feld ein Strom fließt, der in einer Gesamtstärke von rund 1200 bis 1600 Amp. der Erdoberfläche dauernd positive Ladung zuführt, ohne daß der Feldbestand sich ändert, verlangt das Vorhandensein eines diesen Strom kompensierenden Vorganges.*

Mit dem Fortbestand des Feldes trotz des Vertikalstromes ist das eigentliche Grundproblem der luftelektrischen Forschung gegeben, dessen Lösungsversuche an der Erfahrung über das örtliche und zeitliche Verhalten des Erdfeldes geprüft werden können.

Man muß annehmen, daß oberhalb einer Höhe von etwa 1—2 km das Feld zur gleichen Tages- und Jahreszeit über der ganzen Erde das gleiche ist; insbesondere muß in dieser Höhe die Land-See-Verteilung schon ohne Einfluß sein, so daß Bodeneinflüsse, wie man sie sich in mancherlei Form denken könnte, für die Aufrechterhaltung des Feldes nicht in Frage kommen können, da solche typische Feldunterschiede über Land und See erwarten ließen.

In geringeren Höhen über dem Boden herrschen andere Verhältnisse: Hier findet man ganz erhebliche örtliche Feldunterschiede. Man muß danach folgern, daß im Elektrizitätshaushalt der Atmosphäre 2 Schichten verschiedenen Verhaltens zu unterscheiden sind: eine *bodennahe Schicht* von etwa 1—2 km Mächtigkeit, die örtlichen Einflüssen unterliegt, und eine *„Oberschicht"* — wie sie weiter genannt werden soll — von rund 100 km Mächtigkeit, die weltweit gleiche Verhältnisse zeigt.

Noch deutlicher wird dieser Unterschied, wenn das Feld zeitlich verfolgt wird. In der Oberschicht ist eine auf der ganzen Erde phasengleiche periodische Variation des Feldes im Laufe eines Tages anzunehmen, die bei etwa 40% Schwankungsamplitude von einem Minimum zwischen 4 und 5 Uhr Weltzeit zu einem Maximum gegen 21 bis 22 Uhr Weltzeit ansteigt und dann wieder zum Minimum abfällt (Weltzeit = Zeit des Nullmeridians). In der bodennahen Schicht stellt man nur über den Ozeanen und über den arktischen Gebieten den gleichen weltzeitlichen Gang fest, während über dem Festland und auch schon über Inseln solcher Größe, daß sie ein eigenes Klima haben, die Tagesvariationen des Feldes nach Ortszeit verlaufen; ihr Charakter ist je nach Ort und Jahreszeit einfach- oder doppelperiodisch, entsprechend den in Fig. 2 oben dargestellten Typen, ihre Amplitude durchweg größer als über See, sowie örtlich und zeitlich verschieden.

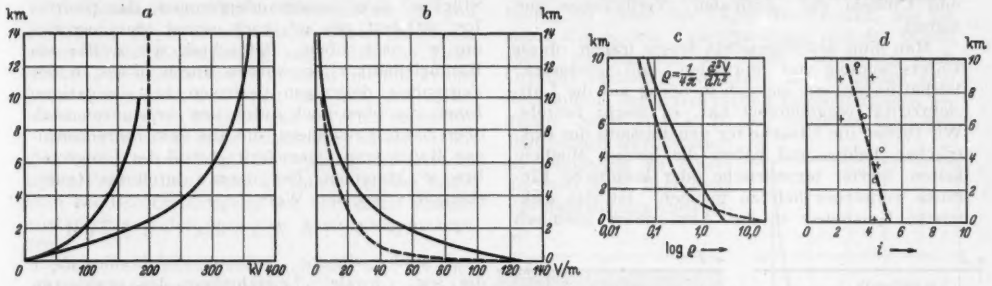



Fig. 1. a) b) c) Potential-, Feld- und Raumladungsverlauf mit der Höhe [gestrichelt nach Mittelwerten von Freiballonfahrten in der Troposphäre (1), ausgezogen nach der Stratosphärenfahrt des „Explorer II" (2)]; d) Vertikalstromverlauf mit der Höhe nach Messungen von E. EVERLING und A. WIGAND (3).

Dieses unterschiedliche Verhalten des Feldes in Bodennähe und Bodenferne führt zu der Über-

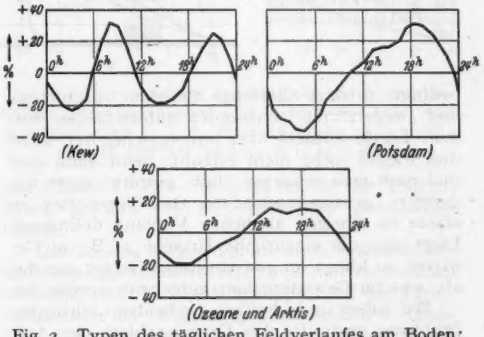



Fig. 2. Typen des täglichen Feldverlaufes am Boden: oben links: Doppelperiodischer Gang (Kew, Juni/Juli), oben rechts: Einfachperiodischer Gang (Potsdam, Dezember/Januar); unten: Weltzeitlicher Gang (Ozeane und Polaris).

zeugung, daß sich die Gesetzmäßigkeiten des Gesamtfeldes der Atmosphäre direkt nur in seinem Verhalten über See, arktischen Gebieten und in der Oberschicht widerspiegeln, während in der festländischen bodennahen Schicht, wo nun einmal die große Mehrzahl der Untersuchungen erfolgt, zu einem großen Teil ortsgebundene Verhältnisse vorherrschen, durch die weltweite Betrachtungen sehr erschwert werden.

Bisher ist stillschweigend vorausgesetzt, daß die Beobachtungen nur bei klarem, wolkenlosem

Wetter angestellt sind. Durch meteorologische Einflüsse erfahren nun aber die atmosphärisch-elektrischen Verhältnisse eine außerordentliche Komplikation: In jeder Wolke, jeder Dunstschicht, jeder Front findet man besondere elektrische Verhältnisse; Feldverlauf, Ionisation, Raumladung, Strom usw. sind häufig bis zur völligen Verwischung und Umkehr der „normalen" Verhältnisse verändert.

Man muß sich angesichts dessen fragen, ob die Unterscheidung von „normalen" und „gestörten" Verhältnissen, wie sie sich in bezug auf die Luftelektrizität eingebürgert hat, zu Recht besteht. Wir suchen die Ursache für den Bestand des elektrischen Feldes und haben die beiden Möglichkeiten, hierfür terrestrische oder kosmische Einflüsse verantwortlich zu machen. Ist das elektrische Geschehen in der Atmosphäre kosmisch

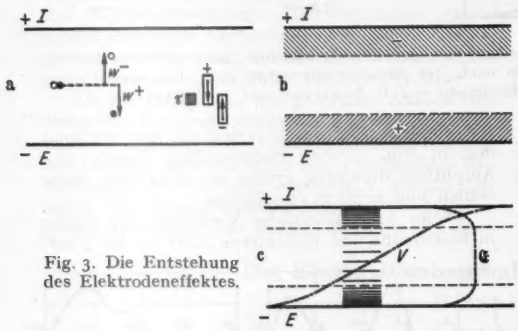



Fig. 3. Die Entstehung des Elektrodeneffektes.

bedingt, so darf allerdings zwischen „gestörten" und „ungestörten" Zuständen unterschieden werden. Ist die Ursache aber terrestrischer Art, so ist dies fraglos nicht mehr erlaubt; denn dann darf und muß man erwarten, daß „gestört" und „ungestört" gewissermaßen nur das Vorzeichen zu einem im übrigen ähnlichen Vorgang definieren. Liegt also die eigentliche Ursache z. B. im Gewitter, so klingt im gewitterfreien Gebiet nur das ab, was im Gewittergebiet aufgebaut worden ist.

Wir haben im bisherigen die beiden wichtigsten Probleme gestreift, das Grundproblem der Aufrechterhaltung eines elektrischen Spannungszustandes in der Atmosphäre und das Problem der örtlich bedingten Tagesgänge. Betrachten wir zunächst das letztere genauer, da mit seiner Lösung eine wesentliche Schwierigkeit des anderen Problems beseitigt werden kann.

Fließt in einem Kondensator ein durch Ionen beider Vorzeichen getragener Strom, so wird der Feldverlauf durch den sog. „Elektrodeneffekt" in charakteristischer Weise modifiziert. Fig. 3a möge schematisch den atmosphärischen Kondensator mit der negativen Belegung $E$ (Erdoberfläche) und der positiven $I$ (Ionosphäre) darstellen. Sein Innenraum wird durch die Ultrastrahlung ionisiert und nimmt im Gleichgewicht zwischen Ionenbildung und -vernichtung einen bestimmten Ionengehalt an. Ist nun die Spannung zwischen $E$ und $I$ so bemessen, daß sie unterhalb der Sättigungsspannung liegt — in der Atmosphäre ist dies erfahrungsgemäß stets der Fall —, so wird ein irgendwo entstehendes Ionenpaar entsprechend den Beweglichkeiten der beiden Ionen in der Zeiteinheit um das Stück $w^+ + w^-$ auseinandergezogen; das positive Ion wandert um $w^+$ nach unten, das negative um $w^-$ nach oben. Betrachten wir weiter ein Raumelement $\tau$, so werden durch dieses in der Zeiteinheit diejenigen positiven bzw. negativen Ionen von oben nach unten bzw. von unten nach oben hindurchwandern, die aus dem röhrenförmigen Raum vom Querschnitt $\tau$ und der Länge $w^+$ bzw. $w^-$ stammen. Der Strom $i$ durch das Raumelement $\tau$ hat den Wert

$$i = \varepsilon \mathfrak{E}(n^+ k^+ + n^- k^-) = \mathfrak{E}(\lambda^+ + \lambda^-) = \mathfrak{E}\,\Lambda\,,$$

wo $\lambda^+$ und $\lambda^-$ die sog. „polaren" und ihre Summe $\Lambda$ die sog. „totale" Leitfähigkeit des ionisierten Raumes bedeuten. Diese Formel gilt im ganzen Innenraum mit Ausnahme der Gebiete, die um weniger als $w^-$ von der Elektrode $E$ bzw. um weniger als $w^+$ von der Elektrode $I$ entfernt sind. In diesen elektrodennahen Gebieten tritt der Beitrag zum Gesamtstrom, der von gleichnamigen Ionen getragen wird, um so stärker neben dem anderen zurück, je näher man an die Elektroden heranrückt, um an diesen selbst schließlich ganz zu verschwinden:

$$i_E = \varepsilon \mathfrak{E}_E n^+ k^+ = \lambda^+ \mathfrak{E}_E\,, \quad i_J = \varepsilon \mathfrak{E}_J n^- k^- = \lambda^- \mathfrak{E}_J\,.$$

Der Strom muß zahlenmäßig der gleiche sein, also muß die Feldstärke $\mathfrak{E}$ in Elektrodennähe entsprechend ansteigen; im Zuge dieses Prozesses bilden sich in der näheren Umgebung von $E$ und $I$ Schichten positiver bzw. negativer Raumladung, in denen das Potential von seiner Gradlinigkeit und die Feldstärke von ihrer Konstanz abweichen (Poissonsche Gleichung) — vgl. Fig. 3b und 3c.

Die Überlegungen bleiben im Prinzip die gleichen, wenn — wie es in der Atmosphäre der Fall ist — die Leitfähigkeiten von $E$ nach $I$ hin ansteigen.

Der Elektrodeneffekt in Ionosphärennähe interessiert im weiteren nicht; wir beschränken uns auf den in Bodennähe und untersuchen seine *feldvergrößernde Wirkung*, seine *Höhenerstreckung* und sein *zeitliches Verhalten*.

Das Verhältnis der Feldstärke an der Elektrode zu der im freien Raum steigt bei Gleichheit von $\lambda^+$ und $\lambda^-$ im Kondensatorinneren auf 2 an. Sind aber — wie es in der bodennahen Atmosphäre meist zutrifft — in der Nähe von $E$ noch Verhältnisse vorhanden, die leitfähigkeitsverkleinernd wirken (Staub, Kondensationskerne und Großionen), so kann diese Verhältniszahl zu wesentlich größeren Werten ansteigen. Man darf also erwarten, daß das Potentialgefälle am Boden und z. B. der Kerngehalt sich gleichsinnig verhalten — eine immer wieder zu beobachtende Erscheinung. So ist z. B. der mittlere Feldwert in Großstädten mit ihrem

hohen Staubgehalt durchweg wesentlich höher als der an kernarmen Landstationen (4); an der Küste herrscht während des (kernreicheren) Landwindes höheres Gefälle als während des (kernärmeren) Seewindes usw. (5).

Die Höhenerstreckung des Elektrodeneffektes sollte nach den theoretischen Untersuchungen von J. J. THOMSEN (6), E. v. SCHWEIDLER (7) und J. SCHOLZ (8) höchstens einige Meter betragen, während die Beobachtung zeigt, daß die Feldstärke in den untersten 10 m meist nur um wenige Prozent abnimmt und nicht um 50% und mehr, wie die genannten Rechnungen erwarten lassen (9).

Den Grund für diese Unstimmigkeit und damit gleichzeitig einen Weg zur Deutung der ortszeitlichen Periode des Feldes an Landstationen findet man bei Berücksichtigung des vertikalen Massenaustausches in den untersten Atmosphärenschichten.

Örtliche Unterschiede irgendwelcher Art gleichen sich bekanntlich nach dem GRAHAM-FICKschen Diffusionsgesetz

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = k \Delta \Phi$$

aus, wo $k$ den Diffusionskoeffizienten — bzw. z. B. beim Wärmeausgleich die Temperaturleitfähigkeit — bedeutet. In der Atmosphäre braucht angesichts der angenommenen Kugelsymmetrie nur die Abhängigkeit des betreffenden Elementes von der Höhe betrachtet zu werden:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} = k \frac{\partial^2 \Phi}{\partial h^2}.$$

Dies Gesetz gilt nur, solange keine turbulente Luftbewegung vorhanden ist; in der Atmosphäre ist es demnach erfahrungsgemäß nicht anwendbar. Man kann aber, wie W. SCHMIDT zuerst gezeigt hat (10), auch hier formal mit derselben Differentialgleichung arbeiten, wenn man an Stelle des Diffusionskoeffizienten $k$ den sog. „Austauschkoeffizienten" $A$ einführt und seine Größe experimentell zu bestimmen sucht.

F. J. W. WHIPPLE (11) benutzt nun diesen Austauschkoeffizienten zur Abschätzung des Elektrodeneffektes und kommt unter der Annahme eines höhenkonstanten $A$-Wertes zu den in Fig. 4 links dargestellten Kurven für $Q$ (Verhältnis des bodennahen zum bodenfernen Feld). Angenommen ist dabei Gleichheit der beiden polaren Leitfähigkeiten in der Atmosphäre sowie das Fehlen von leitfähigkeitsvermindernden Einflüssen in Bodennähe. Die Höhenerstreckung des Elektrodeneffektes ergibt sich danach zu einigen 100 m.

H. LETTAU (12) rechnet das gleiche unter der Annahme eines mit der Höhe linear anwachsenden Austausches ($A = a_0 + a_1 h$) und kommt für bestimmte Werte desselben, wie sie normaler Luftbewegung der Windstärke 2—3 (Fall 1), kräftiger Strömung (Fall 2) und nächtlicher Luftruhe (Fall 3) zuzuordnen sind, zu den in Fig. 4 rechts dargestellten Kurven.

Beide Ansätze zeigen, daß der Elektrodeneffekt eng mit der Luftbewegung gekoppelt sein muß. Die Nichtberücksichtigung dieses Umstandes in den früheren Ansätzen mußte deshalb zu falschen Ergebnissen über seine Höhenerstreckung führen.

Interessant und wichtig ist nun die Tatsache, daß der Austauschvorgang ganz bestimmte Variationen im Laufe des Tages durchmacht, wie sie schon aus seinem Zusammenhang mit der Windstärke hervorgehen. Da diese Variationen nach Ortszeit verlaufen, ist damit der Schlüssel zum Verständnis der ortszeitlichen Feldänderungen gegeben. Setzt man z. B. den mittleren täglichen Feldverlauf einer Station in Beziehung zu einem anderen vom Tagesgang des Austausches abhängigen Element — in Fig. 5 ist hierfür der Dampfdruck gewählt —, so erhält man gleichartige Gänge.

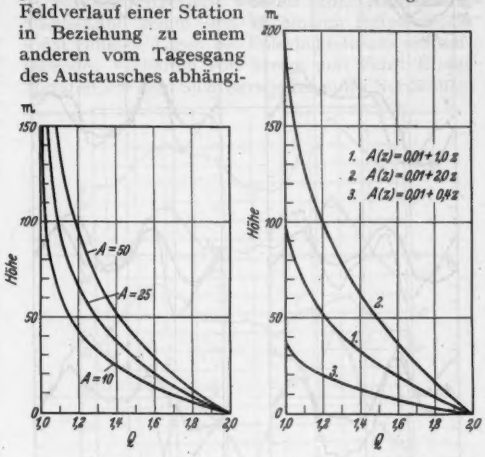



Fig. 4. Elektrodeneffekt (ausgedrückt durch das Verhältnis $Q$ des bodennahen zum bodenfernen Feld) und Austausch nach F. J. W. WHIPPLE (links; $A$ = konst.) und H. LETTAU (rechts; $A = a_0 + a_1 h$).

Das nahezu völlige Fehlen eines ortszeitlichen Gefälleganges auf den Meeren und in den arktischen Gebieten steht in Einklang damit, daß die Tagesvariationen der meteorologischen Größen in diesen Gebieten so gering sind, daß der Austauschkoeffizient hier im wesentlichen als tageskonstant gelten darf.

Es läßt sich also sagen, daß die ortszeitliche Gefälleperiode in der bodennahen Schicht des Festlandes im Prinzip als geklärt anzusehen ist. Wie hoch die bodennahe Schicht im Mittel reicht, in welcher Weise sie im Laufe eines Tages oder Jahres und mit der Wetterlage schwankt, bleibt noch im einzelnen zu klären.

Der für die Aufrechterhaltung des Feldes verantwortliche Vorgang muß 2 Voraussetzungen genügen:

1. Er muß so beschaffen sein, daß er den abwärtsgerichteten Strom von rund 1200—1600 Amp. kompensiert.

2. Er muß so verlaufen, daß er in seiner Intensität im Laufe eines Tages um etwa 40% variiert und ein Minimum zwischen 2 und 4 Uhr, ein Maximum zwischen 18 und 22 Uhr Weltzeit aufweist.

Hypothetische Vorgänge bisher unbekannter physikalischer Natur sollen ausgeschlossen sein,

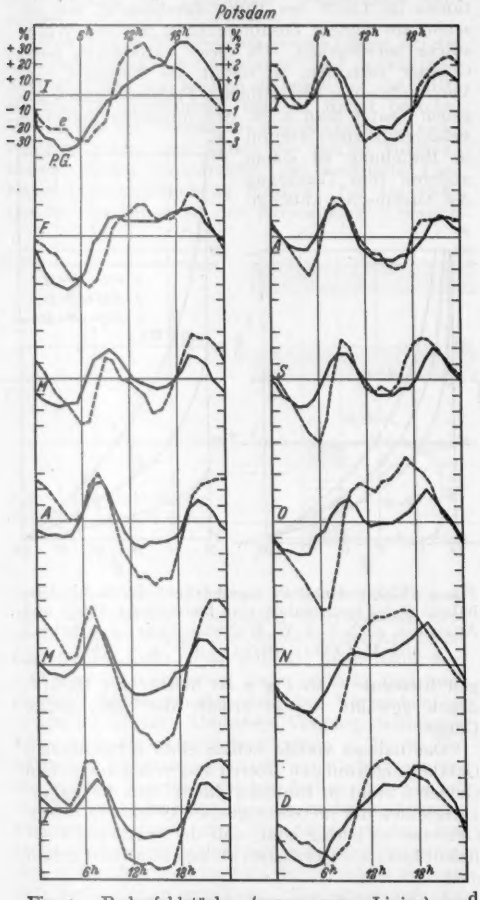



Fig. 5. Bodenfeldstärke (ausgezogene Linien) und Dampfdruck (gestrichelt) für die einzelnen Monate in Potsdam (langjähriges Mittel) (13).

solange eine Erklärung durch physikalisch Bekanntes möglich erscheint.

Zuzulassen sind, wie schon gesagt, Vorgänge terrestrischen oder kosmischen Ursprungs. Bei einem solchen der ersten Art müßte es sich um eine Art Dynamoeffekt innerhalb der Atmosphäre handeln, der für dauernde Zufuhr negativer Ladung zur Erde und positiver zur Ionosphäre sorgt, wobei die Erde als Ganzes nach außenhin elektrisch neutral bliebe. Im zweiten Fall müßte ein entsprechender Ladungszufluß vom Weltraum her erfolgen, wodurch dann die Erde ihr Potential gegenüber dem Raum dauernd erhöhen würde.

*Terrestrische Ursachen.* Wir gehen aus vom Vertikalstrom, weil dieser im Gleichgewicht vom Elektrodeneffekt unbeeinflußt bleibt. Die zuverlässige Beobachtung und vor allem Registrierung dieses Vertikalstromes ist wegen seiner Kleinheit nicht einfach; über dieses wichtige Element liegt deshalb bisher nur bescheidenes Ergebnis-

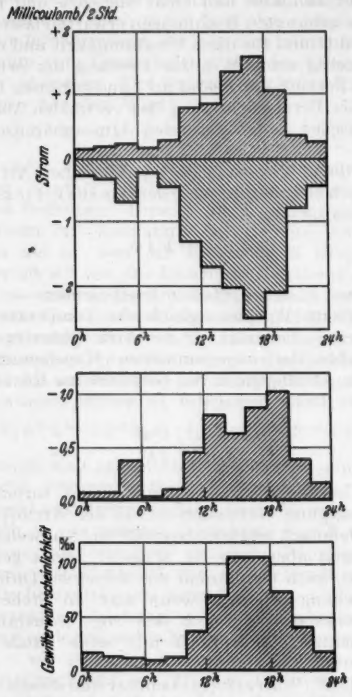



Fig. 6. Tagesgang des positiven und negativen Spitzenstromes (oben) und des negativen Überschusses (Mitte) im mehrjährigen Mittel (14). Tagesgang der Gewitterwahrscheinlichkeit (unten) (15).

material vor. Trotzdem geben schon diese wenigen Untersuchungen interessante Hinweise.

Die Beobachtung zeigt, daß sowohl Stärke wie Vorzeichen dieses Stromes variieren; insbesondere kann der Strom bei Böen und Gewittern sehr hohe positive und negative Beträge erreichen, die seine normalen Werte um eine Reihe von Zehnerpotenzen überschreiten.

Legt man eine Registrierung so an, daß nur die weit über der Norm liegenden Werte erfaßt werden — z. B. durch galvanometrische Registrierung des Stromes, der durch eine exponiert aufgestellte Spitze einfließt —, und bildet aus längeren

Reihen den Tagesgang für diese abnorm hohen positiven und negativen Stromwerte, so ergibt sich im Jahresmittel das in Fig. 6 oben dargestellte Bild. Der obere Teil der obersten Figur gibt die Mittelbeträge positiver, der untere die negativer Elektrizitätszufuhr zur Erde. In der mittleren Teilfigur sind die Differenzen, also die Überschüsse negativen Ladungszuflusses, dargestellt.

Aus dieser Zusammenstellung läßt sich zweierlei entnehmen: Einmal vermag man eine Bilanz zu ziehen zwischen der zeitlichen Summe dieses negativen Ladungszuflusses zur Erde bei anomal hohem Strom und der Summe positiver Ladungszufuhr bei normalem Strom. Diese Abschätzung ist zwar im einzelnen noch unsicher, doch kann man mit einiger Sicherheit sagen, daß der negative Elektrizitätszufluß zur Erde durch Spitzenwirkung den positiven mindestens kompensiert, wahrscheinlich sogar um 20—50 % übertrifft. Es liegt also die Vermutung nahe, daß der gesuchte Kompensationsvorgang damit im Prinzip gefunden ist.

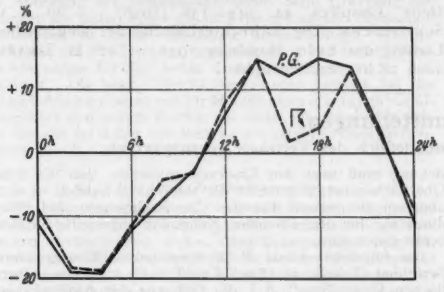



Fig. 7. Weltzeitlicher Gang von Potentialgefälle und Gewitterhäufigkeit (16) (17).

Ein weiteres ebenso wichtiges Ergebnis ist das, daß der negative Überschuß der Ladungszufuhr eine ausgesprochene Tagesperiode besitzt. Nun ist bekannt, daß die Häufigkeit der Gewitter an einem Ort ebenfalls einen ausgeprägten Tagesgang zeigt. In dem untersten Teilbild der Fig. 6 ist diese Häufigkeit dargestellt. Die Übereinstimmung beider Gänge macht einen inneren Zusammenhang wahrscheinlich.

Setzt man die Registrierung des Spitzenstromes allgemein mit dem Witterungsverlauf in Vergleich, so zeigt sich, daß die anomalen Werte ausschließlich bei „schlechtem Wetter" auftreten, daß sie — genauer gesagt — typische Begleiterscheinungen von Böen und Gewittern sind. Wir finden also, daß die luftelektrischen Vorgänge in meteorologischen „Störungsgebieten" die Prozesse zu kompensieren vermögen, die unter normalen Verhältnissen ablaufen, und kommen damit zu der Hypothese, daß *in den „Störungsgebieten" die Ursachen für den Bestand eines elektrischen Feldes in der Atmosphäre zu suchen* sind. Eine Bestätigung dieser Hypothese kann man in der engen Parallele sehen, die zwischen dem weltzeitlichen Gang des Feldes über den Ozeanen und dem der täglichen Gewitterhäufigkeit auf der ganzen Erde besteht (Fig. 7).

*Kosmische Ursachen.* Zunächst scheint nach L. A. BAUER (18) ein Zusammenhang zwischen der mittleren jährlichen Bodenfeldstärke und der Sonnenfleckentätigkeit zu bestehen (Fig. 8). Allerdings ist dies noch kein Beweis für eine direkte kosmische Ursache des Feldes. Der Einfluß der Sonnenflecken auf das Erdfeld kann ebenso durch eine Sonnenfleckenbeeinflussung der Gewitteraktivität bedingt sein. Bisherige Prüfungen dieser Frage sind in ihren Ergebnissen widerspruchsvoll.

Ein anderer kosmischer Einfluß ist von J. SCHOLZ festgestellt worden (19). Auf Franz-Josefs-Land zeigte sich an einigen luftelektrisch sonst ruhigen Tagen bei Polarlichteinsatz ein auffallendes Verhalten von Strom und Feld: Einige Minuten vor dem Sichtbarwerden eines Nordlichtes

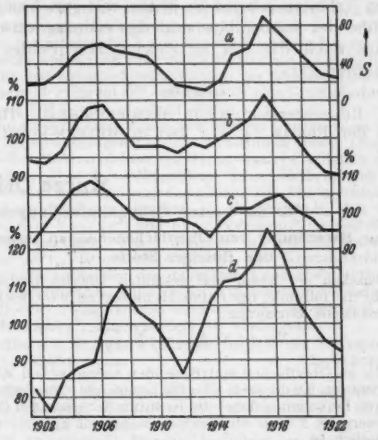



Fig. 8. Potentialgefälle und Sonnenflecken nach L. A. BAUER (18). a) Jährliche Sonnenflekenrelativzahl 1902—1922. b) Mittlere jährliche Feldstärke am Boden (nach 6 Festlandsstationen). c) Mittlere Tagesamplitude. d) Mittlere Jahresamplitude des Gefälles.

stieg das Gefälle stark an, nahm dann zusammen mit dem Strom beim Einsatz desselben stark ab und erreichte erst allmählich bzw. beim Verschwinden des Polarlichtes wieder die alten Werte. J. SCHOLZ versucht eine Erklärung dieser Erscheinung entweder durch die Annahme von Elektronen *und* Positronen in der polarlichterzeugenden Strahlung — wobei letztere vorauseilen müßten — oder durch Annahme einer nach dem Weltraum hin negativen Ionosphäre, die sich dann unter der abstoßenden Wirkung der ankommenden Elektronenwolke zur Erde hin ausbeulen müßte. Eine Entscheidung über die Realität des Effektes und die Realität seiner Deutung ist wohl nur bei Erweiterung des Meßmaterials möglich. Selbst bei Bestätigung ist aber auch auf diesem Wege ein grundsätzlicher Beitrag zum Problem des Feldbestandes wenig wahrscheinlich; denn ein Zustrom positiver

bzw. negativer Ladung zur Ionosphäre bzw. Erde müßte dauernd und mit einem entsprechenden Tagesrhythmus erfolgen. Alle bisherigen Versuche von E. v. SCHWEIDLER und W. G. F. SWANN (20), einen solchen hypothetischen kosmischen Zustrom experimentell nachzuweisen, sind jedoch negativ verlaufen.

Es ist nach alldem wenig wahrscheinlich, daß der Feldbestand in der Atmosphäre kosmische Ursachen hat, mindestens unter der oben gemachten Voraussetzung, physikalisch bisher Unbekanntes auszuschließen. Damit soll nicht gesagt sein, daß nicht Teilerscheinungen des Elektrizitätshaushaltes auch auf kosmische Ursachen zurückgehen können. Gerade in dieser Beziehung zeigen sich bei feldvariographischen Registrierungen gewisse Zusammenhänge zu ionosphärischen und erdmagnetischen Zuständen. Nach diesen noch nicht abgeschlossenen Arbeiten scheint im Mittel mit zunehmender Unruhe der Ionosphäre und des erdmagnetischen Feldes auch die des luftelektrischen Feldes zuzunehmen (21).

*Literatur.*

1. Einzelliteratur s. in GEIGER-SCHEEL, Handbuch der Physik **14**, 414 und in MÜLLER-POUILLET, Lehrbuch der Physik **5/1**, 630. — 2. O. H. GISH and K. L. SHERMAN, National Geographical Society, Techn. papers, Stratosph. Series, Nr 2. Washington 1936. — 3. E. EVERLING u. A. WIGAND, Ann. Physik **66**, 261 bis 282 (1921). — 4. H. ISRAËL, Landolt-Börnstein, Neuaufl. (im Druck). — 5. H. P. BERLAGE jr., Natuurk. Tijdschr. Nederl.-Indië **96**, 166—172 (1936). — 6. J. J. THOMPSON, Elektrizitätsdurchgang in Gasen. Leipzig 1906. — 7. E. v. SCHWEIDLER, Wien. Ber. (IIa) **117**, 653—664 (1908). — 8. J. SCHOLZ, Wien. Ber. (IIa) **140**, 49—66 (1931). — 9. F. J. SCRASE, Geophys. Memoirs Lond. **7**, Nr 67 (1935). — 10. W. SCHMIDT, Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen. Hamburg 1925. — 11. F. J. W. WHIPPLE, Terr. Magn. **37**, 355 (1932). — 12. H. LETTAU, Gerlands Beitr. Geophys. **57**, 365—383 (1941) (Benndorf-Heft). — 13. H. ISRAËL, Wiss. Abh. Reichsamt Wetterdienst **5**, Nr 12 (1939). — 14. F. J. W. WHIPPLE and J. F. SCRASE, Geophys. Memoirs Lond. **7**, Nr 68 (1936). — 15. K. HESS, Mitt. Thurgauisch naturforsch. Ges. **15** (1902). — 16. S. J. MAUCHLY, Publ. Carnegie-Inst. Nr 175, 1926. — 17. C. E. P. BROOKES, Geophys. Memoirs Lond. **3**, Nr 24 (1925). — 18. L. A. BAUER, Terr. Magn. **29**, 23—32 u. 161—186 (1924). — 19. J. SCHOLZ, Gerlands Beitr. Geophys. **44**, 145—156 (1936). — 20. E. v. SCHWEIDLER, Die Aufrechterhaltung der elektrischen Ladung der Erde. Hamburg 1932. — 21. H. ISRAËL, noch nicht veröffentlicht.

# Kurze Originalmitteilungen.

**Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.**

## Zur Berechnung von Oberflächenenergien fester und flüssiger Stoffe.

Zwischen der freien und gesamten Oberflächenenergie besteht die folgende, der GIBBS-HELMHOLTZschen Gleichung entsprechende Beziehung:

$$\Sigma = \sigma + T \cdot S_\sigma = \sigma - T \cdot \frac{\partial \sigma}{\partial T}.$$

Für die an Oberflächen stattfindenden energetischen Wechselwirkungen ist die freie Oberflächenenergie $\sigma$ maßgebend, zu deren Berechnung daher die Kenntnis der gesamten Oberflächenenergie $\Sigma$ sowie der Oberflächenentropie $S_\sigma = -\partial\sigma/\partial T$ erforderlich ist.

*I. Die gesamte Oberflächenenergie.*

*a) Kristalle.* Auf Grund kristallographischer Beziehungen steht die gesamte Oberflächenenergie mit der experimentell zugänglichen inneren Sublimationswärme bei Berücksichtigung nur nächster Gitternachbarn in folgendem Zusammenhang[1]):

$$\Sigma_{M_{(\mathfrak{T})}} = \frac{Z - Z'}{Z} \cdot \lambda_{i_{(\mathfrak{T})}}.$$

Hierin bedeutet $Z$ die Anzahl der Gitternachbarn im Innern, $Z'$ die an der Oberfläche des Kristalls, $\lambda_i$ die molare innere Sublimationswärme bei der Temperatur $T$ und entsprechend $\Sigma_M$ die molare gesamte Oberflächenenergie, die sich auf eine Fläche bezieht, in der $N_L$ Atome liegen. Die spezifischen Oberflächenenergien ergeben sich daraus beispielsweise, wenn $a$ die Gitterkonstante bedeutet:

| | | | |
|---|---|---|---|
| kub. fläch. (001) | $\Sigma = \frac{2\lambda_i}{3a^3 N_L}$; | $\frac{\lambda_i}{\Sigma_M} = 3$ | $\frac{\Sigma(001)}{\Sigma(111)} = 1{,}155.$ |
| kub. fläch. (111)<br>hex. dicht. (001) | $\Sigma = \frac{\lambda_i}{a^3 N_L \sqrt{3}}$; | $\frac{\lambda_i}{\Sigma_M} = 4$ | |

Diese Beziehungen gelten zunächst für ein Kristallmodell, bei dem zwischen den Atomen nur VAN DER WAALSsche Kräfte wirksam sind (kond. Edelgase); eine genauere Betrachtung zeigt jedoch, daß sie auch auf Metalle in erster Näherung übertragen werden dürfen. In entsprechender Weise sind kürzlich durch R. FRICKE[2]) für einige Metalle Oberflächenenergien berechnet worden. Aus der Veröffentlichung muß man den Eindruck gewinnen, daß die freie Oberflächenenergie gemeint ist, tatsächlich handelt es sich aber um die gesamte Energie. Die Rechnungen sind allerdings nur für den absoluten Nullpunkt angestellt, für den beide gleich sind.

Im folgenden wurde $\Sigma$ für verschiedene Temperaturen berechnet (Tabelle 2). Aus $\partial \Sigma_M / \partial T = C_\sigma$ kann die „Oberflächen-Atomwärme", d. i. die Differenz der Atomwärmen im Innern und an der Oberfläche, abgeleitet werden. Sie liegt in der Größenordnung von $1 \cdot 10^{-7}$ cal/g-Atom, ist also außerordentlich gering.

*b) Flüssigkeiten.* Das Verhältnis $\lambda_i/\Sigma_M$ ist für Flüssigkeiten bereits mehrfach untersucht worden mit dem Ziel, Aufschluß über die Anordnung der Moleküle im Innern und an der Oberfläche der Flüssigkeit zu erhalten (STEFANscher Satz $\lambda_i/\Sigma_M = 2$). In neuester Zeit ist diese Beziehung von K. L. WOLF u. Mitarb.[3]) für eine Reihe von Flüssigkeiten nachgeprüft worden, deren Aufbau allerdings viel zu kompliziert ist, um durch so einfache Ansätze, wie sie für den idealen Kristall gelten, beschrieben zu werden. Demgegenüber werden in der vorliegenden Untersuchung einfache Modellflüssigkeiten, die einatomigen flüssigen Edelgase und Metallschmelzen betrachtet (Tabelle 1). Unter Berücksichtigung der neueren Anschauungen[4]) und experimentellen Befunde über Fehlordnungserscheinungen in Flüssigkeiten gelingt grundsätzlich eine Deutung der tatsächlichen Verhältnisse.

*II. Die Oberflächenentropie.*

Unter Verwendung des Ausdruckes

$$f = -sk \ln \frac{kT}{h\nu}$$

für die freie Energie eines $s$-dimens. harm. Oszillators haben E. MADELUNG und in neuerer Zeit R. KAISCHEW[4]) Beziehungen für den Temperaturkoeffizienten der freien Oberflächenenergie abgeleitet. Entsprechend ist für Flüssigkeiten kürzlich von J. FRENKEL[5]) ein Ausdruck entwickelt worden, wobei nur Schwingungen senkrecht zur Oberfläche betrachtet werden und eine mittlere Frequenz $\tilde{\nu}$ aus der Gleichung für Kapillarwellen entnommen wird. Die FRENKELsche Beziehung wurde an einigen Beispielen geprüft (Tabelle 1).

Tabelle 1.

| Element | Flüssiger Zustand | | | Fester Zustand | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $\lambda_i/\Sigma_M$ | $-\partial\sigma/\partial T$ (FRENKEL) | $-\partial\sigma/\partial T$ experim. | $T°$ K | $-\partial\sigma/\partial T$ (Entropie Verh.) |
| Helium . . | (1,6) | — | — | — | — |
| Neon . . | 1,95 | 0,29 | 0,32 | 15° K | 0,10 |
| Argon . . | 2,31 | 0,31 | 0,26 | 50° K | 0,12 |
| Quecksilber . . | 2,14 | 0,54 | 0,23 | — | — |
| Natrium . | 6,12 | 0,32 | 0,07 | — | — |
| Blei . . . | 6,03 | 0,57 | 0,08 | 300 | 0,07 |
| Silber . . | 6,00 | 0,78 | 0,13 | 300 | 0,10 |
| Gold . . . | 6,75 | 0,86 | 0,10 | 300 | 0,10 |

Um zu einer Abschätzung der Oberflächenentropie fester Stoffe zu gelangen, wurde folgender Ansatz gemacht:

$$\frac{S_{(T_1\,\text{fest})}}{S_{(T_2\,\text{flüss})}} = \frac{S\sigma_{(T_1\,\text{fest})}}{S\sigma_{(T_2\,\text{flüss})}}.$$

$S$-fest bzw. flüss. bedeutet die experimentell zugängliche, sich auf das Innere der Phase beziehende Entropie, $S_\sigma$-flüss. den ebenfalls meßbaren negativen Temperaturkoeffizienten der Oberflächenspannung der betr. Flüssigkeit. Hierin sind sowohl die Änderung des Ordnungszustandes beim Übergang der flüssigen zur festen Phase als auch die besonderen Ordnungsverhältnisse an deren Oberfläche berücksichtigt. Wie zu erwarten, ist die Temperaturabhängigkeit der freien Oberflächenenergie für den festen Zustand geringer als für den flüssigen. Die spez. Oberflächenentropie beträgt für die festen Edelgase ebenso wie für Metalle etwa 0,1 erg/cm² Grad. Gegenüber den hohen Werten der freien Oberflächenenergie der Metalle ist daher der Beitrag der latenten Oberflächenwärme ($T \cdot S_\sigma$) klein (Tabelle 1).

*III. Die freie Oberflächenenergie $\sigma$.*

Mit Hilfe der ermittelten $\partial\sigma/\partial T$-fest-Werte ist nunmehr die Angabe der für das energetische Verhalten von Oberflächen maßgebenden freien Oberflächenenergie möglich. Tabelle 2 enthält zum Vergleich die auf den Schmelzpunkt extrapolierten, beobachteten Oberflächenspannungen des flüssigen Zustandes.

Tabelle 2.

| Element | $\Sigma_M$ (III) $10^{-7}$ erg/Gr.At. | $\Sigma$ (III) erg/cm² | $\sigma$ (III) erg/cm² | $\sigma$ (III) erg/cm² | $\sigma_{\text{flüss. beob.}}$ erg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|
| | $T = 298°$ K | | | $T = \text{Te (Fp)}$ | |
| Blei . . . | 47930 | 753 | 730 | 675 | 465 |
| Silber . . | 71720 | 1655 | 1624 | 1359 | 928 |
| Gold . . . | 94090 | 2178 | 2149 | 1868 | 1135 |
| | $T = 0°$ K | | | $T = \text{Te (Fp)}$ | |
| Neon . . | 469 | 8,7 | $\sigma = \Sigma$ | $\sim 6$ | 5,7 |
| Argon . . | 1933 | 25,6 | „ | $\sim 14$ | 13,5 |
| Krypton . | 2803 | 34,2 | „ | — | — |
| Xenon . . . | 3966 | 39,6 | „ | — | — |

Die rechnerische Abschätzung von Oberflächenenergien fester Stoffe ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil bekanntlich eine experimentelle Ermittlung nicht ohne weiteres möglich ist.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie, den 14. Oktober 1941. R. HAUL.

[1]) Vgl. die grundlegenden Untersuchungen von VOLMER, KOSSEL, STRANSKI u. KAISCHEW. Lit. bei M. VOLMER, Kinetik der Phasenbildung. Dresden u. Leipzig 1939, sowie P. A. THIESSEN u. E. SCHOON, Z. Elektrochem. 46, 170 (1940).

[2]) R. FRICKE, Naturwiss. 29, 365 (1941).

[3]) H. DUNKEN, H. KLAPPROTH u. K. L. WOLF, Kolloid-Z. 91, 232 (1940).

[4]) R. KAISCHEW, Z. phys. Chem. B 48, 82 (1940).

[5]) J. FRENKEL, J. of Phys. (USSR.) 3, 355 (1940).

## Systematische röntgenographische Untersuchungen an polymerhomologen Reihen von Cellulosefasern[1]).

In Fortsetzung früherer Untersuchungen[2]) wurden an polymerhomologen Reihen von Baumwolle und Ramie — hergestellt durch heterogenen oxydativen Abbau mit Chlor — Faserdiagramme aufgenommen und erstens zur Ermittlung der Gitterkonstanten die Lage der Reflexe — speziell mit größtmöglicher Präzision die des Äquatorialreflexes $A_4$ — vermessen, zweitens zur Bestimmung der Kristallitorientierung die Schwärzung längs der Debye-Scherrer-Sicheln photometriert und die charakteristische Halbwertsbreite ermittelt und drittens zur Ermittlung der Kristallitgröße nach der LAUEschen Methode die Breite der Interferenzen photometrisch vermessen. Um im besonderen variable Korrekturgrößen, die durch verschiedene Präparatdicke und -dichte bedingt sind, zu vermeiden, wurde methodisch zur möglichst exakten Messung innerhalb einer homologen Reihe stets so verfahren, daß zuerst Diagramme mit dem nativen Präparat und daran anschließend Diagramme mit dem gleichen — und gleich justierten — aber stufenweise im Chlor abgebauten Präparat aufgenommen wurden.

Die Auswertung der Messungen hatte als Ergebnis, daß innerhalb der Meßgenauigkeit keine Veränderungen in den Röntgendiagrammen polymerhomologer Reihen eintraten, d.h. daß zumindest Gitterkonstanten, Kristallitorientierungen und im besonderen die Kristallitgrößen nativer Fasern von Baumwolle und Ramie mit einem DP von etwa 2300 identisch sind mit den entsprechenden Größen der Niederpolymeren, die maximal in ihrem DP um mehr als eine Größenordnung auf etwa DP = 180 abgebaut waren.

Röntgenographisch lassen sich also im Gegensatz zu früheren Untersuchungen[3]) keine Aufschlüsse über Dimensionen der Makromoleküle ermitteln, sondern lediglich vorerst solche über Kristallitgrößen. Diese bleiben, wie die angeführten Untersuchungen ergaben, bei Abbauprozessen kristallographisch unverändert — ein Ergebnis, das sich mit den von KRATKY[4]) und FREY-WYSSLING[5]) aufgestellten Modellvorstellungen ohne weiteres in Übereinstimmung bringen läßt. Erforderlich ist es, die Kristallitgrößenbestimmung außer mit der indirekten LAUEschen Methode, die mit bestimmten prinzipiellen Voraussetzungen belastet ist, mit einer völlig anderen direkten Methode, wie z. B. der von HOSEMANN[6]) angewandten, zu wiederholen.

Freiburg i. Br., Physikalisches Institut der Universität, den 15. Oktober 1941. E. PLÖTZE.

[1]) Zugleich 285. Mitt. über makromolekulare Verbindungen. 284. Mitt. G. V. SCHULZ und BLASCHKE, Z. physik. Chem. (B) (im Druck).

[2]) E. PLÖTZE u. H. PERSON, Naturwiss. 27, 693 (1939) — Z. physik. Chem. (B) 45, 193 (1940).

[3]) Vgl. z. B. J. HENGSTENBERG u. H. MARK, Z. Krist. 69, 271 (1929). — H. MARK u. G. v. SUSICH, Z. physik. Chem. (B) 4, 431 (1929). — MEYER u. MARK, Der Aufbau der hochmolekularen organischen Naturstoffe. Leipzig: Akad. Verlagsgesellschaft 1930, S. 122.

[4]) O. KRATKY, Kolloid-Z. 84, 152, Fig. 1 — Z. Papier, Pappe, Cellulose u. Holzstoff 56, 149 (1938).

[5]) A. FREY-WYSSLING, Protoplasma 25, 261 (1936).

[6]) R. HOSEMANN, Z. Physik 113, 751 (1939); 114, 133 (1939) — Z. Elektrochem. 46, 535 (1940).

## Über die Bildung von Lävulinsäure aus Kohlehydraten.

Die Umwandlung von Kohlehydraten unter dem Einfluß von Mineralsäuren führt bekanntlich neben huminartigen Zersetzungsprodukten zur Bildung von Lävulinsäure. Nach einer Untersuchung von R. W. THOMAS und H. H. SCHUETTE[1]) erhält man optimale Lävulinsäureausbeuten durch 1stündiges Erhitzen des betreffenden Kohlehydrates mit $6^1/_2$proz. Salzsäure auf 162°. Bei dieser Arbeitsweise entstehen aus Rohrzucker 42 %, aus Glucose 38 %, aus Fructose 39 % und aus Stärke 36,5 % der Theorie an Lävulinsäure.

G. JAYME und P. SARTEN[2]) haben vor einiger Zeit festgestellt, daß bezüglich der Furfurolbildung aus Pentosen die Bromwasserstoffsäure eine Sonderstellung einnimmt, indem sie, im Gegensatz zu anderen Mineralsäuren, die quantitative Bildung dieses Aldehyds ermöglicht. Im Rahmen anderer Untersuchungen mit Lävulinsäure war es

nun von Interesse, die Lävulinsäurebildung aus Hexosen und Hexosanen unter dem Einfluß von Bromwasserstoffsäure zu studieren.

Die Versuche bestätigten auch für diese Reaktion eine Ausnahmestellung der Bromwasserstoffsäure. Zwar gelang es in keinem Fall, die Umsetzung quantitativ zu gestalten, d. h. die Huminbildung zu vermeiden, jedoch sind Lävulinsäureausbeuten von 60—80 % d. Th. leicht zu erreichen. Die Versuchsbedingungen können dabei weitgehend variiert werden, ohne daß der Vorteil der Bromwasserstoffsäure gegenüber anderen Mineralsäuren verloren geht. Allgemein erwies es sich jedoch als günstiger, niedere Säurekonzentrationen bei höherer Temperatur anzuwenden als höhere Säurekonzentrationen bei niederer Temperatur, da letzteres die Huminbildung begünstigt.

So lieferten z. B. 40 g Glucose (trocken), mit 400 ccm 10proz. Bromwasserstoffsäure 24 Stunden auf 120° erhitzt, 19,40 g Lävulinsäure, d. i. 75,3 % d. Th. 40 g Stärke (trocken) lieferten unter denselben Bedingungen 18,45 g Lävulinsäure, d. i. 64,4 % d. Th., und 40 g Rohrzucker ergaben 18,82 g Lävulinsäure, d. i. 69,3 % d. Th. Bei präparativ weniger geeigneten größeren Verdünnungen wurden noch höhere Ausbeuten erhalten. Auch hexosanhaltige Naturstoffe liefern gute Lävulinsäureausbeuten. So ergaben 40 g Fichtenholzmehl trocken, mit 200 ccm 12proz. Bromwasserstoffsäure 24 Stunden auf 120° erhitzt, 11,22 g Lävulinsäure.

Die Lävulinsäureausbeuten wurden jeweils analytisch[3]) und präparativ durch Abtrennen vom Humin und fraktionierte Destillation im Vacuum ermittelt.

Heidelberg, Institut für die Chemie des Holzes und der Polysaccharide, Chemisches Institut der Universität, den 17. Oktober 1941. Th. Ploetz.

[1]) J. amer. chem. Soc. **53**, 2324 (1931).
[2]) Naturwiss. **28**, 822 (1940).
[3]) Th. Ploetz u. H. Bartels, Ber. dtsch. chem. Ges. **74**, 1456 (1941).

## Zur Kenntnis des Mechanismus der Wärmepolymerisation des Styrols.

Eine der Reaktionen, die für den Abbruch des Wachstums einer polymeren Molekel in Frage kommen, ist die sog. Kettenübertragung (chain transfer). Damit ist gemeint, daß eine solche wachstumsfähige Molekel den Anregungszustand an eine Monomere übertragen kann und so selbst stabilisiert wird. In diesem Fall verliert der mittlere Polymerisationsgrad des Polymeren seine einfache kinetische Bedeutung als mittlere Anzahl von Wachstumsschritten, die auf einen Primärakt folgen.

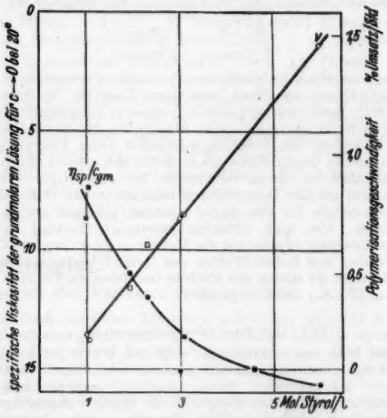
In einer vor einiger Zeit erschienenen Arbeit von Kamenskaja und Medwedew[1]) über die durch Benzolperoxyd beschleunigte Polymerisation des Vinylacetats in Benzollösung wird die Kettenübertragung in etwas erweiterter Form zur Deutung der kinetischen Ergebnisse herangezogen. Da angenommen wird, daß das Wachstum über freie Radikale verläuft, besteht die Kettenübertragung in der Anlagerung eines Wasserstoffatoms an die wachsende Kette. Dieses Wasserstoffatom kann außer vom Monomeren, bei fortgeschrittener Polymerisation auch vom Polymeren und bei Versuchen in Lösung vor allem vom Lösungsmittel abgegeben werden. Aus Benzol entstehen so Phenylradikale, die nun ihrerseits das Wachstum von Kettenmolekeln hervorrufen können. Es kommt zu einem chemischen Einbau von Lösungsmitteln in das Polymere. Der gleiche Mechanismus wird von den russischen Autoren zur Deutung der Versuche von Suess, Pilch und Rudorfer[2]) über die Polymerisation des Styrols in verschiedenen Lösungsmitteln vorgeschlagen.

Ein Einbau des Lösungsmittels wurde bei der Polymerisation des Stryols in Tetrachlorkohlenstoff beobachtet[3]). Es schien wünschenswert, diese Frage auch für andere Lösungsmittel zu klären. Ein Einbau von Benzol in Polystyrol würde sich wegen der gleichen Zusammensetzung dem analytischen Nachweis entziehen; auch für die anderen Kohlenwasserstoffe wäre ein eindeutiger Nachweis schwierig. Es ergibt sich aber aus der erwähnten Arbeit[4]), daß sich Monochlorbenzol als Lösungsmittel kinetisch den aromatischen Kohlenwasserstoffen sehr ähnlich verhält.

Weiter zeigten gemeinsam mit A. Maschin ausgeführte Versuche, daß unter geeigneten Bedingungen in Toluollösung so niedrig molekulare Polystyrole erhalten werden, daß bei gleichen Versuchen in Monochlorbenzol bei Stattfinden der Reaktion mit dem Lösungsmittel der Chlorgehalt des Polymeren eindeutig nachweisbar sein müßte.

Tabelle 1. Spezifische Viskosität und Molgewicht von Polystyrolen bei Polymerisation in Toluollösung bei 132°.

| Styrolkonz. Mol/l | $\eta_{sp}/c_{gm}$ | Molgewicht kryosk. |
|---|---|---|
| 1 | 3,1 | — |
| 0,5 | 2,3 | — |
| 0,2 | 1,5 | — |
| 0,1 | 0,91 | — |
| 0,05 | 0,59 | — |
| 0,03 | 0,43 | 900 |
| 0,01 | 0,32 | 450 |




Es wurde eine 0,1 molare Lösung von Styrol in Monochlorbenzol durch einige Tage auf 153° erhitzt, das Lösungsmittel und nicht umgesetzte Monomere im Vakuum bei 100° abdestilliert, das gebildete Polymere zur vollständigen Entfernung des Monochlorbenzols mehrmals mit Benzol eingedampft, schließlich aus Benzollösung mit Methanol ausgefällt und im Vakuum bei 100° zur Gewichtskonstanz getrocknet. Sein mittleres Molgewicht ergab sich kryoskopisch zu 410; seine Zusammensetzung war 92,3 % C und 7,8 % H, berechnet für $(C_8H_8)_n$ 92,26 % C und 7,74 % H; Chlor war auch spurenweise nicht nachzuweisen.

Damit ist gezeigt, daß eine chemische Teilnahme des Lösungsmittels bei der Styrolpolymerisation in Monochlorbenzol, im Gegensatz zu den Verhältnissen in Tetrachlorkohlenstofflösung, nicht stattfindet. Im Hinblick auf das kinetisch analoge Verhalten ist auch für die aromatischen Kohlenwasserstoffe eine solche Reaktion ausgeschlossen.

Wien, I. Chemisches Laboratorium der Universität, den 24. Oktober 1941. Johann Wolfgang Breitenbach.

[1]) S. Kamenskaja u. S. Medwedew, Acta physicochim. (Moskau) **13**, 565 (1940).
[2]) H. Suess, K. Pilch u. H. Rudorfer, Z. physik. Chem. (A) **179**, 361 (1937).
[3]) J. W. Breitenbach, A. Springer u. E. Abrahamczik, Österr. chem. Z. **41**, 182 (1938). — J. W. Breitenbach u. A. Maschin, Z. physik. Chem. (A) **187**, 175 (1940).
[4]) H. Suess, K. Pilch, H. Rudorfer loc. cit.

## Versuche über die Anreicherung von radioaktivem Mangan ($^{56}$Mn).

Fermi und Mitarbeiter[1]) gewannen das 2,5h-Isotop $Mn^{56}$ durch Bestrahlung von Permanganatlösungen mit langsamen Neutronen. Die Abtrennung des Radiomangans wurde

durch Filtration dieser Lösung durch ein gewöhnliches Papierfilter erreicht. Nach LIBBY[2]) läßt sich die Manganaktivität aus sauren und neutralen Lösungen vollständig abtrennen. Die Unmöglichkeit der Isolierung des Radiomangans aus alkalischen Permanganatlösungen erklärte LIBBY durch die Bildung eines $^{56}Mn^{7+}$-Ions, das im alkalischen Medium schnell OH-Ionen bindet, also die Wertigkeit behält und austauscht, in saurer und neutraler Lösung dagegen Wasser oxydiert und sich in der neuen Wertigkeitsstufe abtrennen läßt.

Bei Wiederholung dieser Versuche mit neutralen Lösungen erwies sich, daß unter Umständen, nämlich nur bei Einhaltung bestimmter Bedingungen, eine Konzentrierung des $Mn^{56}$-Isotops um den Faktor $10^3$ zu erzielen ist. Zunächst wurde versucht, die Manganaktivität in der in den genannten Arbeiten beschriebenen Weise zu isolieren. Das ergab jedoch nicht die gewünschte Konzentrierung, da durch die Reduktion des Kaliumpermanganats am Papier erhebliche Mengen Mangandioxyd gebildet wurden. Eine Abtrennung des aktiven Mangans vom inaktiven Braunstein war nicht möglich, was als Bestätigung der Ansicht LIBBYS, daß das durch Bestrahlung von Kaliumpermanganatlösungen gewonnene aktive Mangan hauptsächlich als Mangandioxyd vorliegt, gewertet werden kann. Um eine Verringerung der Braunsteinausscheidung zu erzielen, wurden an Stelle von Papierfiltern stets Jenaer Glasfritten von der Porengröße G 3 verwendet. Hierdurch wurde eine erhebliche Herabsetzung der Braunsteinmenge erreicht, und es gelang, schon recht gute Anreicherungen zu erzielen. Es erwies sich ferner, daß die Menge des ausgeschiedenen Braunsteins wesentlich von dem Reinheitsgrad des verwendeten Wassers abhängig ist. Es wurden deshalb unter sonst gleichen Bedingungen Versuche mit Leitfähigkeitswasser und Wasser, das durch Behandlung mit geeigneten Oxydationsmitteln von allen organischen Verunreinigungen befreit worden war, ausgeführt, die gute Erfolge lieferten. Durch Filtration der Lösungen vor der Bestrahlung war zwar eine bedeutende Herabsetzung des zurückbleibenden Braunsteins zu erzielen, doch konnten auf diese Weise nur 25—30% der Aktivität isoliert werden, während bei allen übrigen Versuchen 70—80% erhalten wurden. Als beste Methode zur Gewinnung des $Mn^{56}$ erwies sich schließlich die Bestrahlung von festem Kaliumpermanganat, darauffolgende Auflösung in einer 20fachen Menge Leitfähigkeitswasser unter Zusatz von Ammonpersulfat und Salpetersäure und Filtration durch Jenaer Glasfritten.

Anschließend wurden einige Versuche ausgeführt, das $Mn^{56}$ nach der Methode von SZILARD und CHALMERS[3]) aus organischen Komplexverbindungen zu isolieren. Die einzigen für diese Untersuchungen geeignet erscheinenden Verbindungen Mangan-acetyl-acetonat und Mangan-benzoyl-acetonat[4]) sind allerdings so wenig löslich, daß sie sich zu praktischer Verwendung kaum eignen dürften; außerdem ergaben Austauschversuche, über die an anderer Stelle ausführlich berichtet werden soll, daß das organo-komplex gebundene Mangan mit ionogen vorliegendem rasch austauscht. Dieser Befund ist in Übereinstimmung mit den für Kupfer erhaltenen Ergebnissen von SCHULTZE und SIMMONS[5]). Immerhin gelingt eine gewisse Konzentrierung auch auf diesem Wege, wenn das bei der Neutronenbestrahlung entstehende Manganion durch ein Adsorbens, z. B. Aktivkohle, abgefangen und so am Austausch verhindert wird. Diese Versuche wurden aber aus den angegebenen Gründen nicht fortgesetzt.

Der Radiologischen Abteilung der Auergesellschaft A. G., Berlin, und der Genetischen Abteilung des Kaiser Wilhelm-Instituts, Berlin-Buch, in deren Laboratorien diese Untersuchung durchgeführt wurde, danke ich für die erwiesene Gastfreundschaft.

Berlin, den 25. Oktober 1941. U. DREHMANN.

[1]) FERMI, AMALDI, D'AGOSTINO, PONTECORVO, RASETTI, SEGRÈ, Proc. roy. Soc. A **146**, 483 (1934); **149**, 522 (1935).
[2]) LIBBY, J. amer. chem. Soc. **62**, 1930 (1940).
[3]) L. SZILARD u. T. A. CHALMERS, Nature (Lond.) **134**, 462. (1934).
[4]) Ich verdanke den Vorschlag dieser Verbindungen Herrn K. STARKE.
[5]) SCHULTZE u. S. J. SIMMONS, J. appl. Physics **12**, 315 (1941).

## Über die Reinigung der d-LG.-Peptidase und ihre Trennung von der l-LG.-Peptidase[1]); zugleich ein weiterer Beitrag über substratspezifische Amino-peptidasen[2]).

Durch den Nachweis[3]), daß das extrahierte intracelluläre Peptidasensystem *normaler* Tiere nach Ergänzung durch *Mangan* bzw. *Eisen* und *Cystein* in vitro d-Leucyl-glycin (d-LG.) glatt zu spalten vermag, daß *parenchymatöse* Zellen (Leber, Niere) viel mehr d-LG.-Peptidase enthalten als *embryonale* und *Krebs*zellen und die Bildung der „unnatürlichen" Peptidase sich als eine inhärente Eigenschaft normaler Zellen erweist, sind die Gründe, die F. KÖGL und H. ERXLEBEN[4]) für das *autonome*, infiltrative und destruktive *Wachstum* des Krebsgewebes anführen, sehr unwahrscheinlich geworden, und den Bemühungen von E. WALDSCHMIDT-LEITZ[5]) um eine *Krebsdiagnose* ist die Grundlage entzogen.

Nachdem die Bedingungen zur raschen und genauen Bestimmung der d-LG.-Peptidase *tierischer* Herkunft gefunden sind[3]), geht das Bestreben dahin, dieses Enzym *anzureichern* und es von der nächstverwandten Peptidase, der l-LG.-spaltenden, zu trennen, um es in möglichst reinem Zustande zu kennzeichnen. In unseren enzymreichsten Glycerinauszügen aus Meerschweinchen- und Kaninchennieren liegen die l- und d-LG.-Peptidasen ungefähr im Verhältnis 12:1 vor. Es ist uns nun durch fraktionierte Fällung des Eiweißes dieser Auszüge mittels Aceton gelungen, Präparate darzustellen, in denen das Spaltungsverhältnis l-LG.:d-LG. nur noch ungefähr 1:1 beträgt, d. h. *gleiche Mengen* der Präparate spalten nach Ergänzung durch Mangan l-LG. und nach Ergänzung durch Mangan + Cystein d-LG. *gleich schnell*. Außer dieser Wirksamkeit besitzen die Präparate z. B. gegenüber d, l-AG., G-d, l-A., GG., d, l-GGG., d, l-AGG. und GGG. nur noch eine sehr schwache oder kaum angedeutete. Die l-GGG.-Peptidase fällt größtenteils schon bei niederer Acetonkonzentration mit der Hauptmenge der l-LG.-Peptidase aus, während die anderen Peptidasen durch Aceton weitgehend geschädigt werden[6]).

Tabelle 1. Beispiel einer Anreicherung der d-LG.-Peptidase.

Die aus 20 ccm Meerschweinchen-Nierenauszug nach dem Verdünnen mit Wasser auf 80 ccm ($p_H$ etwa 8) auf Zusatz von $^1/_2$, 1 und 2 Vol. Aceton in der Kälte ausfallenden Niederschläge trennt man ab und fraktioniert die klare Lösung des letzten nochmals mit 1 und 2 Vol. Aceton (Na-acetat-haltig). Die Niederschläge sind nur teilweise in Wasser löslich. Die klare Lösung ($p_H$ etwa 8) des zuerst nach Zusatz von 2 Vol. Aceton gewonnenen Niederschlages ist in der Tabelle mit Präparat I, die des bei der Fraktionierung dieser Lösung nach Zusatz des 2. Vol. Aceton ausfallenden, sehr geringen Niederschlages mit Präparat II bezeichnet.

Versuchsbedingungen: 5 ccm Ansätze; ein Aciditätszuwachs von 2,40 ccm n/20 KOH entspricht einer 100proz. Spaltung von l-LG. (im rac. Präparat) und von d-LG. $(\alpha)_D^{20} = -81°$. Vom Auszug wurde bei d-LG. 10mal mehr als bei l-LG., vom Präparat I bei d-LG. 2mal mehr als bei l-LG. und vom Präparat II wurden gleiche Mengen angewandt. Im l-LG.-Ansatz sind m/1000 Mangan, im d-LG.-Ansatz m/1000 Mangan + m/250 Cystein enthalten. $p_H = 8$; Versuchsdauer 2 Stunden; $t = 40°$. Titrationsprobe 2 ccm. Toluol, $N_2$.

| Präparat | Spaltung (ccm n/20 KOH) | |
|---|---|---|
| | d-LG. | l-LG. |
| Auszug . . . | 1,05 | 1,22 |
| Präparat I . . | 1,20 | 1,28 |
| Präparat II . . | 1,28 | 1,33 |

Ein weiteres Ausgangsmaterial für Reinigungsversuche sind, wie wir gefunden haben, *wässerige* Auszüge aus mit Aceton *getrockneten*, feingepulverten *Organen*. Die d-LG.-Peptidase übersteht die Trocknung weit besser als verschiedene andere Amino-peptidasen. Selbst aus über 10 Jahre alten Organtrockenpulvern konnten gegenüber d-LG. noch gut wirksame Auszüge innerhalb von 15 Minuten erhalten werden. Über die Reinigung der d-LG.-Peptidase wässeriger

Auszüge aus Leber- und Nieren-Trockenpulver werden wir in der ausführlicheren Mitteilung (Biochem. Z.) berichten.

Die Ergebnisse der Reinigungsversuche beweisen, daß l-LG. und d-LG. von zwei verschiedenen Enzymen gespalten werden und nicht, wie es manchmal schien und durch die Aktivierungsverhältnisse nahegelegt wird, von einem Trägerprotein (Apo-enzym) und zwei Co-Enzymen.

Die Ergebnisse liefern außerdem einen weiteren Beweis[3]) für unsere Auffassung, daß auch die sog. Dipeptidase und Aminopolypeptidase *tierischer* Herkunft *nicht* einheitliche Enzyme, sondern *Gemische substratspezifischer Amino-peptidasen* sind, deren qualitative und quantitative Zusammensetzung sehr schwankt, und zwar mit der *Herkunft* der Organe und Gewebe und deren jeweiligem *physiologischem* Zustande. Wenn sich „Di- und Aminopolypeptidase" in vivo auch am Eiweißaufbau beteiligen, dann folgt daraus zwangsläufig, daß das Peptidasensystem je nachdem, wo es wirkt, ob in einer Bakterien-, Hefe-, Leber-, Niere-, embryonalen oder Krebszelle, qualitativ und quantitativ verschieden zusammengesetzt sein muß, weil seine Tätigkeit, infolge der Verschiedenheit von Bakterien-, Hefe-, Leber-, Nieren- usw. Eiweiß, jeweils eine qualitativ und quantitativ verschiedene ist. Den verschiedenen analytischen und synthetischen Leistungen müssen schließlich auch die Werkzeuge dazu angepaßt sein. Schon deshalb kann *nicht* „Dipeptidase" gleich „Dipeptidase", „Aminopolypeptidase" gleich „Aminopolypeptidase" sein, ebensowenig wie „Kathepsin" gleich „Kathepsin" ist. Die *substratspezifischen* Aminopeptidasen der *verschiedenen Tierarten* usw. bzw. ihre Trägerproteine (Apo-enzyme) werden deshalb auch *artspezifisch* sein, wenn diese Spezifität auch in vitro vielleicht enzymologisch kaum stärker hervortritt; serologisch wird sie wohl unschwer zu erbringen sein.

Frankfurt a. M., Biochemische Abteilung des Forschungsinstitutes für Chemotherapie, den 30. Oktober 1941.

Ernst Maschmann.

---

[1]) IX. Mitt. Zur Kenntnis tierischer Peptidasen. — VIII. Mitt. Biochem. Z. (im Druck).

[2]) E. Maschmann, Naturwiss. **27**, 819 (1939); **29**, 370 (1941) — Biochem. Z. **307**, 1 (1940).

[3]) E. Maschmann, Naturwiss. **29**, 518 (1941); im Druck.

[4]) Hoppe-Seylers Z. **258**, 57 (1939), und zwar S. 79 u. 91.

[5]) Hoppe-Seylers Z. **262**, IV (1939); **263**, 1 (1940).

[6]) Vgl. darüber VIII. Mitt. Zur Kenntnis tierischer Peptidasen. Biochem. Z. (im Druck).

## Über die Bildung von Diamanteindrücken in Glasoberflächen.

Bei der Mikrohärteprüfung fester Stoffe wird nach H. Hanemann und E. O. Bernhardt[1]) die in die Frontlinse eines Mikroskopobjektivs eingesetzte Diamantpyramide nach der Prinzip der Vickers-Härteprüfung in die zu untersuchende Oberfläche unter meßbaren Bedingungen kurzdauernd eingedrückt. Ein Beispiel für das Aussehen der an Gläsern erhaltenen Eindrücke bei geringen Diamantbelastungen in mikroskopischer Auflicht-Hellfeld-Beleuchtung beim Abbildungsmaßstab 900:1 zeigt Fig. 1. Die vierseitige Diamantpyramide mit einem Böschungswinkel von 22° ist hier unter einer Beanspruchung von 100 g etwa 2,8 $\mu$ tief eingedrungen und hat eine angenähert quadratische Figur von rund 15 $\mu$ Kantenlänge hervorgebracht. Über die Entstehung derartiger Eindrücke ist die Auffassung vertreten worden[2]), daß sie auf bruchlose Verformung durch plastisches Fließen der Glassubstanz zurückzuführen sind. Erst bei merklich höheren Belastungen treten an den Ecken der Eindrücke gut sichtbare, nach außen radial verlaufende Sprünge auf, welche nach jener Auffassung die Sprödigkeitsgrenze des Glases kennzeichnen würden.

In einer früheren Mitteilung haben wir gezeigt[3]), daß die obere Grenze bruchloser Verformungen der Gläser für ähnlich beschaffene Beanspruchungen und Beanspruchungsgeschwindigkeiten bei bedeutend geringeren Eindringtiefen gelegen ist. Ferner fällt auf, daß die ersten Sprünge radial gerichtet sein sollen. In Übereinstimmung mit der nach der Hertzschen Theorie angebbaren elastischen Beanspruchung werden beim Aufdrücken einer Kugel jedoch zuerst Kreissprünge gebildet, welche um die Berührungsfläche konzentrisch angeordnet sind und denen erst nach stärkeren Belastungen Radialsprünge folgen können. Beim Eindrücken der Diamantpyramide in die Glasoberfläche sind daher ebenfalls zuerst Ringrisse zu erwarten, die der Berührungsfläche entsprechend Kreisbogenvierecke darstellen werden.

Zur *Vollendung* eines „Sprunges" ist erforderlich, daß die beiden Wände des Bruchspaltes sich mindestens um den

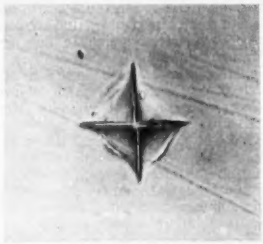


Fig. 1. Mikrohärteeindruck mit 100 g Belastung an polierter Oberfläche des optischen Glases FK 3. Auflicht-Hellfeld-Beleuchtung. 900:1.

doppelten Molekularabstand (~ 0,001 $\mu$) voneinander entfernt haben[4]). Für die *Sichtbarkeit* eines „Sprunges" ist notwendig, daß dieser Abstand bis zur Größenordnung einer

Fig. 2. Geschichtete Spannungsdoppelbrechung innerhalb des in der Fig. 1 wiedergegebenen Eindruckes. Durchfallendes polarisiertes Licht. 900:1.

halben Lichtwellenlänge (~ 0,3 $\mu$) angewachsen ist. Das Vorhandensein von Sprüngen kann also nicht allein nach ihrer visuellen Sichtbarkeit beurteilt werden, vielmehr wird

Fig. 3. Entwicklung von Systemen bogenförmiger Risse durch Anätzen mit Flußsäure innerhalb des in den Fig. 1 und 2 wiedergegebenen Eindruckes. Auflicht-Hellfeld-Beleuchtung. 900:1.

man z. B. das Auftreten von Spannungsdoppelbrechungen oder die bekannte Vergröberung von Sprüngen durch Anätzen zu Hilfe nehmen.

Bei dem Diamanteindruck der Fig. 1 erkennt man bereits von vornherein Andeutungen für das Vorhandensein bogenförmiger Sprünge am Umriß der Eindrucksfigur. Die An-

wendung von Durchlicht-Dunkelfeld-Beleuchtung gibt diese Erscheinung deutlicher wieder, da sich hier äußerst feine helle Linien, die konzentrisch zum Umfang verlaufen, bis fast in die Mitte des Eindrucks feststellen lassen. Schließlich zeigt sich im durchfallenden polarisierten Licht (Fig. 2) stark geschichtete Spannungsdoppelbrechung, die auf Systeme von bogenförmigen Rissen hinweist. Durch kurzes Anätzen mit stark verdünnter Flußsäure kann dieses Rißsystem vollständig entwickelt werden, so daß nunmehr auch in Auflicht-Hellfeld-Beleuchtung (Fig. 3) gerade die erwartete konzentrische Rißbildung deutlich sichtbar wird, während radiale Sprünge nicht auftreten.

Mit den genannten Hilfsmitteln konnten am optischen Glas FK 3 bis herunter zu Eindrücken von 0,5 $\mu$ Tiefe (10 g Diamantbelastung) ringförmige Risse festgestellt werden[5]). Die Bildung äußerlich rißfreier Diamanteindrücke ist demnach in allen diesen Fällen *nicht* auf bruchlose Verformungen des Glases zurückzuführen. Bei geringeren Eindringtiefen als 0,5 $\mu$ befindet man sich im Bereich der in der früheren Mitteilung[3]) nachgewiesenen bruchlosen Verformungserscheinungen.

Halle a. d. S., Institut für Theoretische Physik der Universität, im Oktober 1941.

Werner Klemm. Adolf Smekal.

[1]) H. Hanemann u. E. O. Bernhardt, Z. Metallkde **32**, 35 (1940).
[2]) E. O. Bernhardt, Z. Metallkde **33**, 135 (1941).
[3]) W. Klemm u. A. Smekal, Naturwiss. **29**, 688 (1941).
[4]) A. Smekal, Z. Physik **102**, 495 (1936).
[5]) Näheres darüber und weitere Versuchsergebnisse bei W. Klemm, Glastechn. Ber. **19**, 1941.

## Besprechungen.

KOCHENDÖRFER, ALBERT, **Plastische Eigenschaften von Kristallen und metallischen Werkstoffen.** (Reine und angewandte Metallkunde in Einzeldarstellungen. Hrsg. von W. Köster. Bd. 7.) Berlin: Springer 1941. XI, 312 S. 91 Abbild. Preis geh. RM. 27.—, Ganzleinen RM. 28.50.

Wie erreicht man Fortschritte in der physikalischen Erkenntnis eines noch unerschlossenen Gebietes? Durch möglichst reine und vollständige Experimente, neue theoretische Ideen und eine kritische und konsequente, soweit möglich mathematisch formulierte Vereinigung von Experiment und Theorie. Dies klingt banal, und doch ist es oft unglaublich schwierig, die 3 Forderungen zusammenzubringen. Es dürfte bekannt sein, wie unbefriedigt die Lage auf dem Gebiet des vorliegenden Buches bisher war, auf dem ja die Frage der „Fehlstellen im Kristallgitter" eine wesentliche Rolle spielt. 1935 wurden die experimentellen Erscheinungen in einer ausgezeichneten Darstellung von Schmid und Boas sowie in einer kürzeren von Elam zusammenfassend beschrieben, aber in bezug auf die physikalischen Zusammenhänge mußten sich beide Bücher auf die Aufzählung der nebeneinander bestehenden, mehr durch Namen als durch greifbare Modelle gekennzeichneten „Hypothesen" beschränken. Mehrfach wurde versucht, durch mündliche und schriftliche Diskussionen weiterzukommen, so 1934—1936 in Sonderheften der Z. Kristallograph. **89** und **93** und noch 1938 in einer Sitzung unter Vorsitz von W. L. Bragg (s. Proc. roy. Soc. Lond. **168**). Die beiden Versuche dürften eindeutig als mißlungen zu bezeichnen sein. Zwar fehlte es nicht an guten Ideen, aber man war sich nicht klar darüber, wieweit die vorhandenen Experimente diese Ideen bestätigen oder widerlegen. Bezeichnend ist auch, daß einige besonders reine und einfache Experimente ganz übersehen wurden, obwohl sie schon bekanntgemacht waren oder doch geradezu auf der Hand lagen. A. Kochendörfer, der seit 1937 experimentelle und theoretische Untersuchungen beigesteuert hat, hat nun die bis jetzt fehlende gründliche Bearbeitung des Gesamtgebietes zunächst für die Plastizität der Einkristalle (mit Ausnahme der Salzkristalle) geleistet und im ersten Teil des vorliegenden Buches dargestellt, welcher Kapitel über homogene einsinnige und wechselnde Verformung sowie über Biegung und Torsion umfaßt. In jedem Kapitel werden die experimentellen Verhältnisse eingehend dargestellt und diskutiert, davon ausgehend wird dann eine atomistische Theorie entwickelt. Besonders zu erwähnen ist die eingehende und umsichtige Beschreibung der verwickelten Geschwindigkeitseinflüsse auf die Plastizität. Als wichtigste Einzelergebnisse sind zu nennen: die zahlenmäßige Bestimmung der Konstanten in der Boltzmann-Formel für die Temperaturabhängigkeit der Fließgeschwindigkeit und der Nachweis, daß entgegen der früheren Meinung die Experimente über Temperaturabhängigkeit mit diesem Ansatz in Einklang sind. Weiter eine zahlenmäßige Bestimmung des Einflusses des Kerbstellenabstandes; es zeigt sich, daß diese Größe nur beim langsamen Einsatz des Gleitens experimentell merkbar wird, später nicht mehr, ein Befund, der viele frühere Diskussionen mit einem Schlage erledigt. Der Vergleich mit dem Experiment ergibt dann, daß man die Kerbstellen mit den Rändern der röntgenographisch festgestellten Mosaikblöcke identifizieren kann. Selbstverständlich war es nicht möglich, alle experimentellen Befunde aus wenigen Grundgleichungen rein deduktiv zu entwickeln, sondern es mußten immer wieder vereinfachte Ansätze eingeführt werden. Aber jeder Leser, der in die echt physikalische Verflechtung von Experiment und Theorie tiefer eindringt, der die Hunderte von fast vergessenen experimentellen Untersuchungen betrachtet, die nicht nur zitiert, sondern eingehend besprochen und verarbeitet werden, wird überzeugt werden, daß das gewonnene Gesamtbild vom Mechanismus der plastischen Vorgänge und der Verfestigung in seinen Grundzügen bleibenden Bestand hat.

Der kürzere zweite Teil des Buches bringt Kapitel über einsinnige Verformung und über Wechselbeanspruchung der vielkristallinen metallischen Werkstoffe. Zunächst hat es der Verf. verstanden, das riesige Material der Technik über Streckgrenze, Dauerstandfestigkeit und Wechselfestigkeit in gedrängter Form übersichtlich zusammenzufassen. Darauf wird versucht, ausgehend von den Eigenschaften der Einkristalle, das Zustandekommen dieser technischen Größen zu erklären, wobei die Temperaturabhängigkeit, wie für den Physiker selbstverständlich, eine wesentliche Rolle spielt. Es gelingt in der Tat, auf halbempirischem Wege eine Mittelung der Einkristallverformungskurven zu finden, welche die vielkristallinen technischen Kurven überraschend gut wiedergibt. Wenn auch viele Fragen noch offen bleiben, so können doch schon Einzelheiten, wie der Unterschied in der Ausbildung der Streckgrenze bei Stahl und den übrigen Metallen oder die Bedeutung der verschiedenen technischen Definitionen für die Dauerstandfestigkeit in einen theoretischen Zusammenhang gebracht werden. So scheint hier endlich einmal eine gangbare Bresche in das bisher unzugängliche Bollwerk geschlagen zu sein, das sich zwischen Einkristall und vielkristallinem Werkstoff erhebt. Da im zweiten Teil von Atomistik kaum mehr geredet wird, dürfte er auch für die Technologen brauchbar sein. Allerdings werden sie noch

manches vermissen, zu dessen dem Geist des Buches angepaßter Bearbeitung die Zeit fehlte, z. B. eine Behandlung der inhomogenen Beanspruchung, die ausmünden müßte in die Frage nach dem physikalischen Sinn der bekannten Gestaltsänderungshypothese.

Der Referent hat bei der Entstehung des Buches mitgewirkt. Aber nicht nur aus diesem Grunde, sondern weil er überzeugt ist, daß es neu und wissenschaftlich wie technisch wertvoll ist, wünscht er dem Werk bei vielen Physikern, Metallchemikern und Technologen Resonanz und positive Mitarbeit.

U. DEHLINGER.

RUDOLPH, WILLI, **Die Vitamine der Hefe.** Stuttgart: Wissenschaftl. Verlagsges. m. b. H. 1941. 130 S. 16 cm × 24,5 cm. Preis geb. RM 8.50.

Wenn man die vorliegende Schrift über die Vitamine der Hefe durchsieht, tritt einem recht eindrucksvoll ins Bewußtsein, welche Vielzahl verschiedenartiger lebenswichtiger Stoffe die Hefezelle aufzubauen vermag. Wir finden dargestellt das Vitamin $B_1$, den $B_2$-Komplex (mit dem Nikotinsäureamid, dem Vitamin $B_6$, der Pantothensäure) und die übrigen verschiedenen B-Faktoren, das Vitamin D und seine Vorstufen, die E-Vitamine, Vitamin H und „weitere Faktoren mit Vitaminwirkung"; es fehlen an der Gesamtheit der bekannten Vitamine nur A und C sowie das Vitamin K. Die Vielseitigkeit dieser synthetischen Leistung, die uns für den tierischen Organismus nur einen Vergleich mit der Leber erlaubt, scheint auch dann nicht weniger bewundernswert, wenn sich nicht alle der beschriebenen Faktoren, besonders in der „B"-Gruppe, als einheitlich definierbare Wirkstoffe erweisen sollten.

Der Verf. beschreibt Vorkommen, Bestimmungsmethoden und physiologische Eigenschaften der Vitamine und gibt ein klares Bild über die Chemie dieser Stoffe. Auch die neuerdings in stärkerem Maße beachteten Beziehungen der verschiedenen Vitamine untereinander finden Erwähnung. Der wesentliche Blickpunkt, aus dem heraus die Monographie geschrieben wurde, ist der der Anwendung der Erkenntnisse, die Beziehung der Hefevitamine zur menschlichen Ernährung, und sie bildet damit ein Gegenstück zu der früher erschienenen Schrift des Verf. über „Vitamin C und Ernährung". Die Hefe ist so reich an den verschiedenartigen Vitaminen, daß die praktische Ernährungswirtschaft diese Tatsache mehr als bisher berücksichtigen sollte. Diese Forderung scheint besonders begründet in einer Zeit, da mit erhöhter Wachsamkeit beachtet werden muß, daß in der Ernährung des Volkes die zu katalytischer ebenso wie die zu kalorischer Leistung notwendigen Stoffe in ausreichendem Maße vorhanden sind.

Diese Fragen, die die Vitamine der Hefe in unserer Ernährung betreffen, sind mit den praktischen Folgerungen für das Vitamin $B_1$ ausführlich dargestellt worden; sie treten jedoch bei den weiterhin beschriebenen Wirkstoffen stark in den Hintergrund. Trotzdem soll das Werk besonders denen, die an Ernährungsfragen aus theoretischen oder praktischen Gründen interessiert oder für sie verantwortlich sind, bestens empfohlen werden; viel Gewinn werden aber auch alle die aus ihm schöpfen, die die Wirkstoffe der Hefe einmal „aus der Einheit dieses Nahrungsmittels heraus zu betrachten" wünschen.

U. WESTPHAL, Berlin-Dahlem.

WEINERT, HANS, **Der geistige Aufstieg der Menschheit** vom Ursprung bis zur Gegenwart. Stuttgart: Ferd. Enke 1940. VIII, 300 S. und 155 Abbild. 16 cm × 25 cm. Preis brosch. RM 19.—, geb. RM 20.80.

Der Kieler Anthropologe WEINERT ist ein äußerst rühriger Autor. Nach seinen beiden Werken „Der Ursprung der Menschheit" (1932) und „Die Entstehung der Menschenrassen" (1938) erscheint nun als dritter Abschlußband seiner umfassenden „Anthropogenie" das vorliegende Werk, das sich mit der Entfaltung des menschlichen Geistes, soweit diese mit naturwissenschaftlichen Methoden erforschbar ist, befaßt.

Das Buch stellt „kein psychologisches Werk dar, auch kein prähistorisches oder ethnologisches", es soll vielmehr zeigen, daß „alle diese Wissenschaften ihren wirklichen Sinn erst im Zusammenhang mit der Menschwerdung und der Rassenspaltung finden". — Die tragende Grundlage für die Ausführungen des Verf. bilden die *für den Biologen* selbstverständlichen Tatsachen: 1. daß es geistig-seelische Äußerungen ohne körperliche Grundlagen nicht gibt, 2. daß der jeweiligen körperlichen Form immer die geistige Stufe entspricht und 3. daß es zwischen Mensch und Tier, insbesondere den Primaten, nur graduelle, keine prinzipiellen Unterschiede gibt. Die Möglichkeiten, dies zu beweisen, sind bekanntlich mannigfacher Art. WEINERT verwendet sie mit Geschick und in anschaulicher Darstellung. Die Wege, die die psychologische Erforschung der Menschenaffen für eine Rekonstruktion des geistigen Menschwerdungsvorganges und die ersten geistigen Frühmenschenzustände bieten, werden in treffender Weise benutzt. Die Menschwerdung selbst wird als „geistige Tat" charakterisiert, wobei WEINERT das wesentliche Ereignis in der Erlangung der Fähigkeit des Feuergebrauches erblickt. Bei aller Würdigung der Bedeutung dieses Ereignisses wird man aber doch nicht hierin allein den eigentlichen Unterscheidungspunkt zwischen Mensch und Tier erblicken wollen. Die Auswirkungen dieser Errungenschaft sind allerdings entscheidend gewesen für den Fortgang der Entwicklung der Menschheit. Dieser Fortgang, die ständig zunehmende Entfaltung des Geistes, wird nun an Hand der Kulturhinterlassenschaften durch die vorgeschichtlichen Zeiträume verfolgt: Anthropus-, Neandertaler-, Homo sapiens diluvialis-, alluvialis- und recens-Stufe bis zum Zeitalter der Technik. Dabei kommen so ziemlich alle Dinge der materiellen und geistigen Kultur zur Sprache. Das Bild, welches WEINERT so entrollt, ist klar und abgerundet, dringt nach vielen Richtungen in Einzelgebiete ein, manches naturgemäß nur streifend und sehr vereinfachend. Dabei bedürfen die älteren Stufen als die grundlegend wesentlicheren einer ausführlicheren Berücksichtigung als die späteren Sapiensstufen, über die nur eine zusammengedängte Übersicht nötig ist. — Gewiß wird der Verf. hier nicht in allen Punkten uneingeschränkte Zustimmung finden, aber die Einwände, die vielleicht von verschiedenen Seiten kommen werden, können sich nicht auf das Grundsätzliche beziehen, hiergegen ist ein Einwand nicht zu erheben!

Die Parallelität zwischen geistiger und körperlicher Entwicklung, zwischen Körpergestalt und geistiger Stufe, ist eine Realität.

Wir wollen hoffen, daß das Buch besonders auch in den Kreisen Eingang findet, in denen, um die Worte des Verf. zu gebrauchen, „einem überlieferten Glaubensdogma zuliebe die Errungenschaften des menschlichen Geistes gerade da nicht vorurteilslos angenommen werden, wo es sich um den Menschen selbst und um seine Stellung in der Natur handelt". G. HEBERER, Jena.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Springer-Verlag in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

*Fortsetzung des Inhaltsverzeichnisses:*

Versuche über die Anreicherung von radioaktivem Mangan ($^{56}$Mn). Von U. DREHMANN 708

Über die Reinigung der d-LG.-Peptidase und ihre Trennung von der l-LG.-Peptidase; zugleich ein weiterer Beitrag über substratspezifische Amino-peptidasen. Von ERNST MASCHMANN . . . . . 709

Über die Bildung von Diamanteindrücken in Glasoberflächen. Von WERNER KLEMM und ADOLF SMEKAL. (Mit 3 Figuren) . . . . . 710

BESPRECHUNGEN:

KOCHENDÖRFER, ALBERT, Plastische Eigenschaften von Kristallen und metallischen Werkstoffen. (Reine und angewandte Metallkunde in Einzeldarstellungen. Hrsg. von W. Köster. Bd. 7.) (Ref.: U. Dehlinger) . . 711

RUDOLPH, WILLI, Die Vitamine der Hefe. (Ref.: U. Westphal) . . . . . 712

WEINERT, HANS, Der geistige Aufstieg der Menschheit vom Ursprung bis zur Gegenwart. (Ref.: G. Heberer) . . . . . 712


# Das freie Elektron in Physik und Technik

Vorträge von

Dr.-Ing. habil. **E. Brüche,** Berlin, Dr. **H. Ewest,** Berlin, Dozent Dr. **R. Frerichs,** Berlin, Professor Dr. **W. Gerlach,** München, Dr. **A. Glaser,** Berlin, Professor Dr. **W. Kossel,** Danzig, Professor Dr. **C. Ramsauer,** Berlin, Dr.-Ing. **H. Rothe,** Berlin, Professor Dr. **H. Rukop,** Berlin, Dr.-Ing. **E. Ruska,** Berlin, Professor Dr. **W. Schottky,** Berlin, Dr. **M. Steenbeck,** Berlin

Veranstaltet durch den

Bezirk Berlin des Verbandes Deutscher Elektrotechniker — vormals Elektrotechnischer Verein e. V. — in Gemeinschaft mit dem Außeninstitut der Technischen Hochschule Berlin

Herausgegeben von

Professor Dr. **C. Ramsauer,** Berlin

Mit 223 Abbildungen. VII, 270 Seiten. 1940. RM 24.—; Ganzleinen RM 25.50

Inhaltsübersicht:

**A. Das freie Elektron in der Physik. Das freie Elektron.** Von Professor Dr. W. Gerlach, Direktor des Physikalischen Instituts der Universität München. — **Wechselwirkung zwischen Elektron und Materie.** Von Professor Dr. C. Ramsauer, Direktor des Forschungsinstituts der AEG, Berlin. — **Elektronenbefreiung.** Von Professor Dr. W. Schottky, Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Siemens & Halske AG., Berlin, mit einem einführenden Kapitel von Dr. A. Recknagel, Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Forschungsinstituts der AEG, Berlin. — **Entladungserscheinungen.** Von Dr. M. Steenbeck, Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Siemens-Schuckertwerke AG., Berlin. — **Strahlungsanregung von Gasen und festen Körpern.** Von Dozent Dr. R. Frerichs, Laboratoriumsleiter in der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung m. b. H., Berlin. — **Röntgenphysik.** Von Professor Dr. W. Kossel, Direktor des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule Danzig. — **B. Das freie Elektron in der Technik. Systematik der Elektronengeräte.** Von Dr.-Ing. habil. E. Brüche, Leiter des Physikalischen Laboratoriums am Forschungsinstitut der AEG, Berlin. — **Verstärker- und Senderöhren (stationäre Vorgänge).** Von Professor Dr. H. Rukop, Vorstandsmitglied der Telefunken-Ges. m. b. H., Berlin. — **Nichtstationäre Vorgänge in Elektronenröhren.** Von Dr.-Ing. H. Rothe, Abteilungsvorstand der Hochfrequenzlaboratorien der Telefunken-Ges. m. b. H., Berlin. — **Stromrichter.** Von Dr. A. Glaser, Leiter des Röhren-Laboratoriums am Forschungsinstitut der AEG, Berlin. — **Abbildungsgeräte.** Von Dr.-Ing. E. Ruska, Laboratorium für Elektronenoptik der Siemens & Halske AG., Berlin. — **Leuchtröhren.** Von Dr. H. Ewest, Geschäftsführer der Studiengesellschaft für elektrische Beleuchtung m. b. H., Berlin. — Schrifttum.

SPRINGER-VERLAG · BERLIN

# Elektronen-Übermikroskopie

Physik · Technik · Ergebnisse

Von

**Manfred von Ardenne**

Mit einem Titelbild, einer photographischen Tafel und 404 Abbildungen

XVI, 393 Seiten. 1940. RM 54.—; Ganzleinen RM 57.60

Aus den Besprechungen:

Verfasser hat eine ebenso umfassende wie sachverständige, wesentlich auf eigenen Forschungen ruhende Darstellung der Elektronenmikroskopie gegeben . . .

Der Gesamteindruck des reich und schön illustrierten Buches ist, daß hier ein vielseitig begabter, erfindungsreicher Techniker mit eindringendem Fleiß zahllose Schwierigkeiten gemeistert hat . . .

Aus der zusammenfassenden Übersicht der bisher gewonnenen Ergebnisse seien erwähnt: die Sichtbarmachung sehr großer Molekeln (z. B. Hämozyanin), von kolloiden Metallteilchen, der (kristallinen) Elemente von Stauben und Rauchen, der Partikel von Farbstoffen und Katalysatoren, der Struktur von Polyoxymethylenkristallen, von Kautschuk, photochemischen Reaktionsprodukten. Unter den biologischen Anwendungen sind besonders bemerkenswert und aufschlußreich die Untersuchungen von Viren, Bakterien, Bakteriophagen, Spirochäten, Fibrin . . .

Der Verfasser hat sich mit seinen Forschungen, seinen genialen technischen Gaben, seinem grundlegenden Werke für alle Zeit einen Platz in der Geschichte der Elektronenmikroskopie gesichert. *„Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie"*

Ein Fachmann ersten Ranges auf dem Gebiet der Elektronenmikroskopie hat dieses Werk verfaßt, das in klarer und durch außerordentlich zahlreiche, instruktive Abbildungen erläuterter Darstellung zunächst die allgemeinen Grundlagen des Verfahrens und anschließend die Einrichtungen der verschiedenen Apparaturen (Elektronenmikroskop, Elektronensondenmikroskop, Stereo- und Dunkelfeld-Übermikroskop) behandelt. Die Lektüre des physikalisch-technischen Teiles setzt Kenntnisse voraus, die wohl nicht bei allen vorhanden sein dürften, welche die Elektronenmikroskopie zur Lösung bestimmter Probleme ihrer Spezialfächer heranzuziehen wünschen. Wer indes in dieser Hinsicht nicht gehemmt ist, wird sich schon beim Studium dieser Abschnitte ein Urteil bilden können einerseits über die gewaltigen Fortschritte in der Konstruktion der Apparate, im Ausbau ihrer theoretischen Basis und in der Erweiterung ihres Anwendungsbereiches, andererseits aber auch über die Grenzen, welche den einschlägigen Methoden gezogen sind . . . Nach der Ansicht des Verfassers scheinen sich zwei Wege der weiteren Entwicklung der Elektronen-Übermikroskopie schon heute abzuzeichnen: die Herstellung einfacher und leicht bedienbarer Apparate, welche auch von den nicht spezialistisch geschulten Personen verwendet werden können, und zweitens die Steigerung des Auflösungsvermögens der kostspieligen, große Schulung erfordernden und bisher nur in wenigen Exemplaren vorhandenen Konstruktionen bis zum erreichbaren Optimum. Jeder, der angesichts der schon erzielten Resultate nicht zurückbleiben und die zu erhoffende Entwicklung mitmachen will, und jeder, der sich bei seinen „Problemstellungen" von der elektronenoptischen Technik Aufschlüsse und neue Ausblicke verspricht, wird sich in dieses Buch vertiefen müssen. *„Klinische Wochenschrift"*

SPRINGER-VERLAG · BERLIN


Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5. Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Springer-Verlag in Berlin W 9. — Printed in Germany.